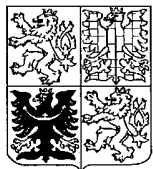


PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **08.05.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **13.05.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/855274**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **11.10.2000**
(Věstník č. 10/2000)

(86) PCT číslo: **PCT/US98/09654**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO98/52196**

(21) Číslo dokumentu:

1999 -4028

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

G 21 C 17/00

(71) Přihlašovatel:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC,
Pittsburgh, PA, US;

(72) Původce:

Graham Kingsley F., Murrysville, PA, US;

(74) Zástupce:

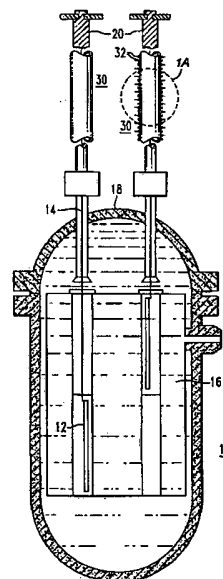
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Systém a způsob měření doby volného pádu
regulačních tyčí jaderného reaktoru**

(57) Anotace:

Systém využívá většího počtu snímacích cívek (32), které jsou uspořádány v tandemu podél pláště (20) dráhy poháněcí tyče (14) pro pohon regulačních tyčí (12), přičemž je větší množství snímačů (30) napájeno jediným transformátorem (T_1). V průběhu zkušebnímu testu poklesu tyče je primární vinutí transformátoru (T_1) zkratováno.



01-2081-99-Če

System a způsob měření doby volného pádu regulačních tyčí jaderného reaktoru

Oblast techniky

Vynález se obecně týká indikačních systémů pro zjišťování polohy řídící regulačních tyčí jaderného reaktoru, konkrétněji se pak týká dvou takovýchto systémů, které mohou monitorovat dobu volného pádu regulačních tyčí reaktoru.

Dosavadní stav techniky

U jaderného reaktoru je velmi důležité znát stupeň vložení regulačních tyčí do jádra reaktoru. Energetický výstup jádra reaktoru je přímou funkcí stupně vložení regulačních tyčí. Zde používaný výraz „regulační tyč“ zahrnuje jakýkoliv člen, umístěný v reaktoru, který mění reaktivitu reaktoru. Takže rovněž zahrnuje tyče, které slouží i k jiným účelům kromě jejich běžného řídícího či regulačního využívání. Používání slov, jako „tyč“, „prvek“ a „regulační prvek“ představuje pro účely tohoto vynálezu synonyma s výrazem „regulační tyč“.

Pokud jsou plně vloženy do jádra, jsou regulační tyče umístěny v blízkosti jaderných palivových prvků, obsahujících jaderný štěpný materiál, přičemž obecně platí, že čím větší počet neutronů je v jádru reaktoru, tím většímu počtu štěpení

atomů paliva dochází, a v důsledku toho je uvolňováno tím větší množství energie.

Energie ve formě tepla je odváděna z oblasti reaktoru prostřednictvím chladiva, které proudí touto oblastí a poté proudí do tepelného výměníku, kde je teplo z chladiva reaktoru využíváno pro výrobu páry, určené pro pohon turbín za účelem přeměny tepelné energie na energii elektrickou. Za účelem snížení energetického výstupu jaderného reaktoru jsou regulační tyče, vyrobené z materiálů, které absorbují neutrony, vkládány do reaktivní oblasti, která je obecně známa jako nukleární jádro.

Čím větší počet regulačních tyčí a dalších regulačních tyčí je vložen do reaktivní oblasti, tím větší počet neutronů bude absorbován, v důsledku čehož se energetický výstup reaktoru sníží. A naopak za účelem zvýšení energetického výstupu reaktoru jsou jaderné regulační tyče vytaženy z reaktivní oblasti. V důsledku toho poklesne počet absorbovaných neutronů, počet štěpení se zvýší a v důsledku toho se zvýší i energetický výstup reaktoru.

Pro tlakové vodní reaktory je velice důležité znát přesnou polohu každé z regulačních tyčí. Rozdíly nad 15 palců mezi sousedícími tyčemi nepříznivě ovlivňují řízení paliva. Kromě toho znalost polohy regulačních tyčí v porovnání s tepelným energetickým výstupem poskytuje údaje o stavu reaktoru a tím o stupni spáleného paliva. Proto musejí být využívány mimořádně spolehlivé systémy pro pohon regulační tyče a pro zjišťování polohy regulační tyče za účelem udržování bezpečného a spolehlivého provozu reaktoru.

Jedním z nejobvykleji používaných typů poháněcího mechanismu řídící tyče se nazývá „magnetický zvedák“. S pomocí tohoto typu mechanismu jsou řídící tyče spouštěny do nukleárního jádra a zvedány z tohoto jádra v sérii pohybů, z nichž každý zahrnuje pohyb regulační tyče na jednotlivou přírůstkovou vzdálenost neboli „krok“; proto je takovýto pohyb obvykle nazýván „krokování regulačních tyčí“.

Obvykle bývá 231 kroků mezi plně vytaženou polohou a plně vloženou polohou regulačních tyčí. Například 0 kroků představuje plně vloženou polohu, a 231 kroků představuje plně vytaženou polohu. Tento typ mechanismu je vyobrazen a popsán v patentovém spise US 3 158 766 (Frisch) a v patentovém spise US 3 992 255, které jsou převedeny na majitele tohoto vynálezu.

Tento typ poháněcího mechanismu regulační tyče s magnetickým zvedákem obsahuje tři elektrické magnetické cívky a armatury nebo plunžry, které pracují tak, že zvedají a spouštějí hnací tyčový hřídel, který je pevně připojen k většímu množství regulačních tyčí, které se obecně nazývá „svazek“, čímž regulují pohyb ústrojí svazku regulačních tyčí. Uvedené tři cívky jsou uspořádány zvnějšku kolem tlakového pláště, který vystupuje vzhůru nad nádobu reaktoru a hermeticky utěsňuje dráhu pohybu hnacích tyčí. Dvě z těchto cívek pohánějí příslušné plunžry pohyblivých a stacionárních unašečů, umístěných v plášti. Třetí cívka pohání zdvihací plunžr, připojený k pohyblivému unašeči.

Pohánění pohyblivých a stacionárních plunžrů dále ovládá soustavu obvodově umístěných západek, které svírají hnací tyčový hřídel, opatřený větším počtem osově umístěných

obvodových drážek. Stacionární unášecí západky jsou určeny k držení hnacího hřídele v požadované osově poloze. Pohyblivé unášecí západky jsou poháněny za účelem zdvihání a spouštění hnacího tyčového hřídele.

Každý zdvihací nebo krokový pohyb hnacího mechanismu regulační tyče pohne hnacím tyčovým hřídelem o pět osmin palce (1,58 cm). Tento zdvihací nebo krokový pohyb je tak ukončen prostřednictvím provozu tří soustav osově umístěných elektromagnetických cívek, určených k pohánění příslušných stacionárních, pohyblivých a zdvihacích plunžrů za účelem střídavého a postupného uchopování, pohybování a uvolňování hnacího hřídele regulační tyče příslušného mechanismu.

U tlakového vodního reaktoru bývají obvykle uspořádány tři mechanismy pro zjišťování polohy regulační tyče, a to počítadlo kroků, pohyblivý proudový mapovací systém polohy v jádru, a systém zjišťování polohy tyče.

Počítadlo kroků provádí nepřímé měření prostřednictvím elektrického počítání počtu mechanických kroků, ovládaných regulačním systémem tyče. Jako nepřímý měřicí systém tak nemůže zjišťovat mechanickou nesprávnou činnost za účelem zabránění pohybu tyče při ovládání.

Pohyblivý proudový mapovací systém polohy v jádru provádí přímé měření polohy regulační tyče tak, jak se pohybuje v prstenci v blízkosti příslušné tyče. Je však používán pouze jako záložní systém, a to v důsledku mechanického opotřebení a provozních problémů, spojených s jeho nepřetržitým využíváním. Takže systém zjišťování polohy

tyče je prvotním prostředkem přímého měření polohy regulační tyče.

Jak již bylo shora popsáno, pohybují se regulační tyče v tlakové nádobě a jsou připevněny ke hnacím tyčím, kterými je možno přírůstkově pohybovat v dopředném a zpětném směru prostřednictvím hnacího mechanismu, kterým může být například zdvihací mechanismus, popsáný ve shora uvedeném patentovém spise US 3 158 766 (Frisch). Obvykle bývá jediná hnací tyč připojena k většímu množství regulačních tyčí, které se nazývá „svazek“ nebo „pavouk“. Proto se tedy veškeré regulační tyče, sdružené do jediného svazku, pohybují společně.

U nejobvyklejšího regulačního schématu je několik svazků ovládáno tak, že se pohybují společně, což je známo jako „skupiny“. Hnací tyče pro každý svazek se rozprostírají v podélném směru přes tlakovou nádobu podél přístupu pohybu regulační tyče směrem do utěsněného tlakového prostředí pláště dráhy tyče.

Jelikož je velice důležité udržovat těsnicí integritu tlakové nádoby, je mechanické pronikání udržováno na minimu za účelem snížení pravděpodobnosti ztráty tlakového prostředí, které je zde obsaženo. Proto tedy nejsou povoleny žádné mechanické průniky pro účely zjišťování relativní polohy regulačních tyčí v prostoru jádra reaktoru. Jelikož by bylo velice obtížným úkolem zjišťovat polohu příslušných regulačních tyčí, byla praxe taková, že se zjišťovala poloha hnacích tyčí, které jsou k regulačním tyčím pevně připojeny, přičemž se poloha hnací tyče převáděla na polohu regulační tyče v prostoru jádra reaktivní nádoby.

V minulosti byla používána celá řada různých typů detektorů pro účely zjišťování polohy hnací tyče. Jedním takovým detektorem je analogový snímač, který obsahuje větší počet vrstvených vinutých cívek, soustředně uspořádaných do soustavy a nesených nemagnetickou trubicovitou konstrukcí z nerezové oceli, která se posunuje podél nemagnetického dráhového pláště. Cívky jsou uspořádány střídavě jako primární a sekundární cívky, přičemž jsou všechny primární cívky zapojeny do série a všechny sekundární cívky jsou zapojeny rovněž do série.

Tyto cívky ve svém důsledku vytvářejí dlouhý lineární transformátor napětí, přiváděného po celé výšce dráhového pláště, takže spojení z primární cívky na sekundární je ovlivňováno rozsahem, do kterého magnetická hnací tyč proniká do svazku cívek. Poloha tyče je stanovována prostřednictvím uplatňování konstantního sinusoidálního budicího proudu u primárních cívek a měřením napětí, indukovaného přes sekundární cívky. Velikost indukovaného sekundárního napětí odpovídá poloze tyče.

V patentových spisech US 3 846 771, US 3 893 090 a US 3 858 191 je popisován detektor, využívající digitální techniky, který je tak mnohem přesnější, než shora popisovaný analogový detektor. Základní snímač systému takového typu je vytvořen z většího množství oddělených nespojitých elektrických cívek, které jsou jednotlivé navinuty kolem pláště dráhy tyče v tandemové soustavě, probíhající podélně podél osy pohybu hnacích hřídelů regulační tyče.

Do každé z příslušných cívek je přiváděn střídavý elektrický proud o dostatečně nízkém kmitočtu za účelem

zajištění výsledného proudu, který proniká pláštěm dráhy tyče. Změna impedance v jednotlivých cívkách je zjišťována jak se hnací hřídel regulační tyče pohybuje přes středy umístění cívek. Tato změna impedance je převáděna na nespojitě elektrické výstupy, udávající relativní polohu regulační tyče v prostoru jádra jaderného reaktoru.

U jednoho provedení jsou příslušné cívky zapojeny do série s odpovídajícími odpory, přičemž jsou odpovídající společné uzlové body přiléhajících sériových kombinací cívky a odporu využívány jako vstupy do diferenciálního zesilovače, který poskytuje výstup, představující rozdíly napětí mezi odpovídajícími uzlovými body. Tento výstup diferenciálních zesilovačů je poté převáděn do digitální formy údajů o poloze regulační tyče.

Bezpečná regulace vyžaduje, aby rychlost, se kterou mohou být regulační tyče vkládány do jádra z plně vytažené polohy působením gravitační síly zemské přitažlivosti, byla pravidelně ověřována za účelem zajištění toho, že zde nejsou žádné překážky pro rychlé vkládání regulačních tyčí v případě nepravděpodobné možnosti, kdy by reaktor musel být okamžitě odstaven v případě nouze nebo nebezpečí. Toto ověřování musí být obvykle prováděno po každém cyklu naplnění paliva.

Existují dva obecně využívané způsoby měření doby poklesu regulační tyče. První způsob využívá akustické převodníky za účelem poslechu zvuku, který je vyvozován, když regulační tyč dopadne na dno po svém uvolnění. Tento způsob je využitelný pouze u jediného tyčového svazku, přičemž není praktický z mnoha různých důvodů.

Druhý způsob spočívá ve využívání elektrický prostředků pro měření doby poklesu tyče. Tento druhý způsob může být uplatněn u několika tyčí najednou, a to až u všech tyčí, takže může znamenat výraznou úsporu ověřovacího času, což představuje výraznou ekonomickou výhodu. Jelikož systémy pro zjišťování polohy tyče, pokud jsou uspořádány pro provoz během běžného provozu reaktoru, jsou schopny zjišťovat polohu regulačních tyčí při jejich pohybu rychlostí magnetického zvedacího systému, musejí tyto systémy pro zjišťování polohy značně snížit dobu odpovědi za účelem měření polohy tyčí, které padají v důsledku působení gravitační síly zemské přitažlivosti. Zjišťování přesné naměřené polohy v průběhu času je velmi důležitým bezpečnostním opatřením, neboť se tak zjišťuje, zda zde neexistuje nějaká překážka, která by mohla ohrozit rychlé odstavení reaktoru.

V dosavadním stavu techniky byla měřena doba poklesu tyče s využitím systémů pro zjišťování polohy tyče, a to s přiváděním energie pro napájení rozpojených cívek. Proud, indukovaný v cívkách při průchodu hnací tyče těmito cívkami, byl poté zjišťován jako funkce napětí ve společné dráze proudu v daném systému.

Jeden příklad takového systému, který je uplatňován u systému analogového zjišťování polohy, je popsán v patentovém spise US 5 408 508, který byl vydán 18. dubna 1995, a který byl převeden na majitele tohoto vynálezu. Jak je v tomto patentovém spise uvedeno, tak daný systém umožňuje, aby byly všechny regulační tyče prověřovány současně.

V současné době však bylo zjištěno, že jelikož může být získána přesná poloha dráhy tyče v závislosti na čase když

padá několik tyčí současně, tak může docházet k deformacím, pokud padá současně větší počet tyčí nebo dokonce všechny tyče. Takováto deformace výrazně ztěžuje provádění analýzy výstupu. Takže je nutno vyvinout zdokonalený systém měření poklesu tyče, který poskytne mnohem přesnější údaje o poloze dráhy regulační tyče v závislosti na čase v průběhu ověřování poklesu regulační tyče, pokud padá současně většina tyčí nebo dokonce všechny tyče.

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je zdokonalený způsob a systém pro měření doby volného pádu většího množství svazků regulačních tyčí, když padají do jádra jaderného reaktoru v důsledku působení gravitační síly zemské přitažlivosti.

U předmětného systému a způsobu je využíváno existujících cívek pro systém zjišťování polohy řídících tyčí, kteréžto cívky jsou uloženy ve sloupci v tandemu podél pláště, který obklopuje poháněcí tyč, určenou pro regulaci pohybu regulační tyče.

System, který ztělesňuje předmět tohoto vynálezu, obsahuje bočník, který je možno připojit k primárnímu vinutí společného transformátoru, který je využíván pro napájení každé z cívek. V průběhu zkušebního testu poklesu tyče, když je elektrická energie odpojena od společného transformátoru, je primární vinutí tohoto transformátoru zkráceno prostřednictvím bočníku za účelem snížení indukčnosti v sekundárním vinutí, která způsobuje zkreslení na výstupním průběhu, vykazované v dosavadním stavu techniky.

U příkladného provedení předmětu tohoto vynálezu pak relé, kterého je využíváno pro odpojení elektrické energie od primárního vinutí transformátoru, obsahuje přidavné kontakty, které současně zkracují primární vinutí. Tím byl vyvinut zdokonalený nový systém a lepší způsob provádění zkušebního testu poklesu tyče, které umožňují zjišťovat skutečný průběh polohy regulační tyče v závislosti na čase, a to dokonce i tehdy, pokud veškeré regulační tyče padají současně.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude v dalším podrobněji vysvětlen na příkladech jeho výhodných provedení, jejichž popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým výkresům, kde:

obr. 1 znázorňuje nárysný pohled v částečném řezu na jaderný reaktor, na pohon regulační tyče a na indikační systém polohy tyče, který představuje zobrazení výhodného provedení, u kterého může být předmět tohoto vynálezu uplatněn;

obr. 2 znázorňuje nárysný pohled v řezu na regulační tyč jaderného reaktoru s její přidruženou hnací tyčí a s pláštěm dráhy tyče, přičemž je zde zobrazen magnetický zdvihací mechanismus, používaný k zajištění pohybu regulační a hnací tyče a snímače polohy tyče, využívané u předmětu tohoto vynálezu;

obr. 3 znázorňuje pohled na systém zjišťování polohy tyče, kde jsou mnohem jasněji znázorněny cívky, vyobrazené na obr. 1 a na obr. 2;

obr. 4 znázorňuje schema typického okruhu pro digitální zjišťování polohy tyče, kde jsou zapojeny cívky, vyobrazené na obr. 1, obr. 2 a obr. 3;

obr. 5 znázorňuje grafické zobrazení typického tvaru průběhu napětí, získávaného z okruhu podle obr. 4, když čtyři svazky regulačních tyčí padají současně;

obr. 6 znázorňuje grafické zobrazení typického tvaru průběhu napětí, získávaného z okruhu podle obr. 4, když všechny tyče padají do jádra reaktoru současně;

obr. 7 znázorňuje schematické zobrazení okruhu relé, využívaného u výhodného provedení předmětu tohoto vynálezu v jeho vhodné modifikaci.

Příklady provedení vynálezu

Přesná znalost polohy regulačních tyčí v jaderném reaktoru je podstatná pro zajištění bezpečného a efektivního provozu reaktoru. Jak lze vidět na vyobrazení podle obr. 1, je zjišťování polohy regulačních tyčí v prostoru tlakového vodního reaktoru obzvláště obtížné, a to zejména z důvodu nezbytnosti udržování utěsněné integrity tlakové nádoby 10 reaktoru. Regulační tyče 12 a poháněcí tyče 14, které jsou konstrukčně připojeny ke svým příslušným regulačním tyčím 12, jsou obklopeny vodou 16, která zcela naplňuje tlakovou nádobu 10 reaktoru. Za normálních provozních podmínek má voda 16 vysokou teplotu a je udržována pod vysokým tlakem, takže nedochází k žádnému varu.

Poloha regulačních tyčí 12 musí být určována na základě měření stavu snímacích prvků, umístěných na vnější straně tlakové nádoby 10 reaktoru, neboť není možno provádět žádné mechanické pronikání do vnitřku tlakové nádoby 10 reaktoru pro účely zjišťování polohy regulačních tyčí 12. Jedinou oblastí, kde je možno umístit snímací prvky, je oblast podél pláště 20 dráhy tyče.

Poháněcí tyče 14 se pohybují ve svých příslušných pláštích 20 dráhy tyče, kterými jsou utěsněné trubicovité členy, které jsou vytvořeny integrálně s hlavou 18 reaktoru, a které probíhají podélně směrem vzhůru od této hlavy 18 reaktoru. Snímací prvky 32, umístěné podél pláště 20 dráhy tyče, mohou snímat pouze polohu poháněcí tyče 14. Je však možno běžně předpokládat, že připevnění regulačních tyčí 12 k jejich příslušné poháněcí tyči 14 je spolehlivé, v důsledku čehož je přemístění poháněcí tyče 14 a regulačních tyčí 12 naprosto stejné.

Každá poháněcí tyč 14 je připojena k většímu množství regulačních tyčí 12, které vytvářejí svazek, a které je možno dobře vidět na vyobrazení podle obr. 2. Pohyb poháněcí tyče 14 je prováděn prostřednictvím magnetického zvedáku, cívek, plunžrů a unašečů 22, kteréžto součásti již byly shora popsány. Poloha poháněcí tyče 14 v prostoru pláště 20 dráhy tyče je zjišťována prostřednictvím ukazatele 30 polohy regulačních tyčí 12, který se rozprostírá podélně podél pláště 20 dráhy tyče nad magnetickým zdvihacím mechanismem 22. Ukazatelem 30 polohy regulačních tyčí 12 je v tomto případě již shora popsáný digitální systém, přičemž je nutno zdůraznit, že předmět tohoto vynálezu může být rovněž stejně dobře uplatněn u analogového systému.

Základním čidlem indikačního systému zjišťování polohy tyče je cívka 32, která je umístěna kolem obvodu osy pohybu poháněcí tyče 14, a to z vnější strany pláště 20 dráhy tyče. Pokud těmito cívkami prochází střídavý proud, je vytvářen střídavý tok, který proniká do pláště 20 dráhy tyče. Pokud je kmitočet dostatečně nízký, bude hloubka pronikání větší, než je tloušťka pláště 20 dráhy tyče, takže střídavý proud bude pronikat dovnitř. Běžný kmitočet elektrického proudu o velikosti 60 Hz snadno splňuje uvedený požadavek.

Pokud se kovová poháněcí tyč 14 pohybuje pláštěm 20 dráhy tyče a opustí místo, obklopené cívkou, pak se impedance cívky změní. Jelikož jsou poháněcí tyče 14 vyrobeny z ferromagnetického materiálu, bude se impedance cívky zvyšovat. Toto zvýšení impedance je zesilováno prostřednictvím magnetické povahy tyče, která je indukována prostřednictvím silných cívek magnetického zdvihacího mechanismu 22. Změna impedance může být zjišťována celou řadou způsobů.

Za účelem zjišťování změny impedance je každá cívka 32 připojena k odporu, přičemž mezi každou dvojici sousedních odporů jsou připojeny vstupy diferenciálního zesilovače. Bude zde rovněž jeden diferenciální výstup ze zesilovače, který bude větší než všechny ostatní, a který bude ukazovat, mezi kterými dvěma cívkami se právě nachází konec poháněcí tyče 14.

Sloupec cívek 32 je rozdělen do dvou prokládaných skupin A a B, jak je možno dobře vidět z vyobrazení podle obr. 3. Tyto dvě skupiny dohromady vytvářejí čidla pro zjišťování polohy regulačních tyčí 12. Signály, získávané z každé

skupiny cívek, jsou zpracovávány odděleně v prostoru objemu reaktoru. Signály v každé skupině obsahují informace, nezbytné k určení polohy tyče v rámci jedné poloviny celkové rozlišovací schopnosti systému. Takže pokud má jedna skupina nesprávnou funkci, je rozlišovací schopnost systému snížena, avšak poloha tyče je stále ještě známa.

Každá z přibližně 61 poháněcích tyčí 14 ve čtyřech smyčkových soustavách bude opatřena sloupcem cívek, kóděrem 34 skupiny A a kóděrem 36 skupiny B v rámci reaktorové objemové konstrukce, jak je znázorněno na vyobrazení podle obr. 3, a to pro kódování příslušných výstupních signálů cívek do multiplexního uspořádání. Je zde přibližně 42 cívek, určených pro každou tyč.

Typický digitální okruh pro zjišťování polohy tyče, používaný k měření doby poklesu tyče, je znázorněn na vyobrazení podle obr. 4. Podrobnosti tohoto digitálního okruhu pro zjišťování polohy tyče, které se přímo netýkají měření doby poklesu tyče, zde nejsou znázorněny, je však je možno nalézt například v patentovém spise US 3 858 191.

Je zde větší počet cívek, označených vztahovými značkami A1 až A24, kterými prochází poháněcí hřídel regulačních tyčí 12. Přesný počet cívek závisí na příslušném modelu digitálního zjišťování polohy tyče, takže není pro předmět tohoto vynálezu důležitý. Jeden konec každé cívky je připojen ke společnému vodiči 42, a to na levé straně podle obr. 4. Druhý konec každé cívky je připojen rovněž ke společnému vodiči na pravé straně podle obr. 4, a to po průchodu přes tři odpory R₁, R₂ a R₃.

Odpor R_1 představuje odpor cívky, přičemž má obvykle velikost zhruba 6 ohmů. Odpor R_2 představuje odpor vodiče od cívky k digitální elektronické skříni pro zjišťování polohy tyče, přičemž má obvykle velikost zhruba 1,5 ohmu. Odpor R_3 představuje vstupní impedanci do desky detektoru a kodéru pro digitální zjišťování polohy tyče, přičemž má obvykle velikost zhruba 5 ohmů.

Okruh je uzavřen prostřednictvím odporu R_4 a prostřednictvím transformátoru T_1 . Odpor R_4 představuje impedanci vodiče pro společný vodič, a to ve vodiči, který vede od cívek do elektronické skříně pro digitální zjišťování polohy tyče. Tento odpor R_4 má obvykle velikost zhruba 0,118 ohmu. Transformátorem T_1 je transformátor, který napájí cívky 32 pro digitální zjišťování polohy tyče během běžného provozu, který však není napájen během zkušebního testu doby poklesu tyče.

Je zde uspořádána druhá soustava cívek $B1$ až $B24$, které jsou proloženy mezi shora popsanými cívkami $A1$ až $A24$. Zapojení a provoz těchto cívek $B1$ až $B24$ jsou stejné, jako je tomu u cívek $A1$ až $A24$. Během běžného provozu digitálního systému pro zjišťování polohy tyče jsou dvě soustavy cívek nadbytečné a umožňují nezávislé měření polohy tyče pro zvýšení jeho spolehlivosti.

Pro měření doby poklesu tyče je působení dvou soustav cívek kombinováno za účelem dosažení přesnějších výsledků a za účelem docílení méně hrbolatého průběhu. Tyto hrbolky průběhu je možno vidět na vyobrazení podle obr. 5 a podle obr. 6, přičemž jsou způsobeny v důsledku průchodu konce poháněcího hřídele regulační tyče otevřenými cívkami. Pro

účely předmětu tohoto vynálezu vykonávají uvedené dvě soustavy cívek tutéž funkci.

Pokud je regulační tyč spouštěna ze své plně vytažené polohy do své plně vložené polohy, pak konec poháněcího hřídele regulační tyče prochází postupně cívkami A24 až dolů k cívkám A2 (tento konec hřídele rovněž prochází většinou z cívek B). Poháněcí hřídel regulačních tyčí je poněkud zmagnetizován, a to v důsledku velkých cívek ve zdvihacím mechanismu poháněcí tyče, umístěném pod cívkami pro digitální určování polohy tyče.

Tento permanentní magnetismus v poháněcím hřídeli vytváří proud v cívkách A24 až A1, jak tento poháněcí hřídel padá těmito cívkami. Magnetický tok od konce poháněcího hřídele prochází cívkami a vytváří proud. Cívky jsou s výhodou zapojeny paralelně, takže proud v jednotlivých cívkách se efektivně sčítá. Tento proud je zhruba úměrný k rychlosti tyče. Kombinovaný proud prochází sekundárním vinutím transformátoru T₁ a odporem R₄. Systém pro měření doby poklesu tyče měří proud ve společném vodiči 42 jako funkci poklesu napětí přes odpor R₄ a transformátor T₁. Toto napětí je úměrné k proudu, takže je zhruba úměrné k rychlosti tyče.

Na vyobrazení podle obr. 5 je znázorněn typický tvar průběhu napětí pro čtyři svazky tyčí, které padají současně. Tyče jsou uvolněny v čase nula, načež se jejich pohyb zrychluje, takže dochází k nárůstu napětí. Zhruba za 1 000 milisekund dopadne konec tyče na tlumič, přičemž se tyče rychle zpomalí, což způsobí ostrý pokles napětí. Tlumičí

efekt je způsoben tím, že tyče tlačí na chladivo z vodících prstenců řídící tyče a tlačí je do jádra reaktoru.

Bod zlomu průběhu právě nad hodnotou 1 000 milisekund představuje čas, ve kterém tyče dosáhly tlumiče, který leží ve známé poloze tyče (v blízkosti dna jádra reaktoru). Za 1 500 milisekund dosáhnou tyče zarážkových pružin, přičemž je možno sledovat mírný stupeň rozkmitu. Na obr. 1 je znázorněn běžně očekávaný průběh, u kterého byly rušivé problémy se zkreslením odstraněny prostřednictvím tohoto vynálezu.

Na vyobrazení podle obr. 6 jsou znázorněny dvě křivky poklesu tyče, kdy je zkreslení, vykazované ve známém stavu techniky, přítomno pouze na spodní křivce B. Pokud jsou všechny regulační tyče spouštěny současně pro zachování kritického průběhového času, je získána spodní křivka B, znázorněná na obr. 6. Co se týče této křivky B lze zde zhruba na časové hodnotě 1 000 milisekund pozorovat průhyb a poté další zvýšení až do zhruba 1 100 milisekund, kde je zaznamenán náhlý pokles napětí (rychlosti tyče), k němuž dochází v důsledku nárazu na tlumič.

Rovněž za hodnotou 1 500 milisekund je možno pozorovat obrat směrem vzhůru před konečným poklesem v důsledku působení zarážkové pružiny. Toto zkreslení velmi ztěžuje provádění analýzy, neboť přidavné znaky nenastávají v důsledku změn rychlosti poklesu regulační tyče. Horní křivka A před hodnotou 1 100 milisekund a spodní křivka B po hodnotě 1 500 milisekund jsou běžnými typy křivek poklesu tyče.

Příčinou pozorovaného zkreslení, pokud všechny regulační tyče padají současně, je společný prvek, a to transformátor T₁. Jak je znázorněno na vyobrazení podle

obr. 4, jsou všechny cívky A digitálního systému pro zjišťování polohy regulační tyče napájeny transformátorem T₁. V průběhu zkušebního testu poklesu tyče není transformátor T₁ napájen a jeho primární napětí 115 V bylo již předem odvedeno levým otevřeným okruhem. Zkreslení je způsobeno poklesem napětí v sekundární straně transformátoru T₁ od součtu proudu poklesu tyčí ode všech regulačních tyčí, kterých obvykle bývá 50 nebo více. Výpočty ukázaly, že celkový proud v transformátoru T₁ je zhruba 30 A. Pokles napětí v transformátoru T₁ snižuje jednotlivé signály poklesu tyče v důsledku indukčnosti, vyplývající z otevřeného primárního okruhu, a vytváří spodní zkreslenou křivku poklesu tyče, znázorněnou na obr. 6.

Zdokonalení, které poskytuje předmět tohoto vynálezu, spočívá v odstranění transformátoru T₁ z okruhu poklesu tyče.

Jeden přístup, který vede k dosažení tohoto úkolu, spočívá ve zkrácení sekundárního vinutí transformátoru T₁ se spodní impedancí krátkou nebo s bočníkem. Toto řešení bylo zkušebně testováno, přičemž bylo zjištěno, že tento způsob řeší daný problém a odstraňuje příslušné zkreslení. Toto zkrácení však vyžaduje mít velice nízkou impedanci (méně než 0,001 ohmu), aby bylo efektivní. Dálkové uplatňování tohoto přístupu s použitím relé není praktické v důsledku požadované nízké impedance a velmi nízkého napětí (řádově v milivoltech).

Druhým způsobem je zkrátit primární napětí 115 V transformátoru T₁ v průběhu zkušebního testu poklesu tyče. Bylo zjištěno, že v podstatě veškeré zkreslení je způsobeno v důsledku indukčnosti transformátoru T₁ a nikoli v důsledku

jeho stejnosměrného odporu, který se jinak objevuje na sekundární straně. Snížení primárního napětí transformátoru T_1 je mnohem snadněji proveditelné v důsledku mnohem vyšší impedance.

S poměrem vinutí přibližně 20 musí být zkrácení přes primární napětí 115 V transformátoru T_1 menší, než $20 \times 20 \times 0,001$ ohmu nebo přibližně 0,4 ohmu. Obvykle je používáno relé pro účely odpojení energetického přívodu 115 V od primární strany transformátoru. Přídavné kontakty 52 mohou být snadno přidány za účelem zkrácení primárního napětí 115 V transformátoru T_1 , když je toto napětí 115 V odpojeno v průběhu zkušebního testu poklesu tyče.

Pokud je relé 50 v nenapájené poloze, je přívodní napětí 115 V připojeno k primární straně transformátoru T_1 , takže tato primární strana není zkrácena. To jsou běžné provozní podmínky digitálního systému pro zjišťování polohy tyče. Pokud je relé 50 napájeno, je přívodní napětí 115 V odpojeno a primární strana transformátoru T_1 je zkrácena. Relé je napájeno prostřednictvím systému pro zkušební testování poklesu tyče pouze v průběhu tohoto zkušebního testu poklesu tyče. Proto je tedy impedance transformátoru T_1 ze systému odstraněna, čímž dochází ke zdokonalení výstupu ze zkušebního systému.

Přestože bylo podrobně popsáno určité konkrétní provedení předmětu tohoto vynálezu, je zde nutno zdůraznit, že odborník z dané oblasti techniky může vytvářet různé modifikace a alternativy daného řešení, a to na základě shora uvedeného popisu. Proto jsou tedy jednotlivá shora popsaná uspořádání považována pouze za ilustrativní, takže nijakým

způsobem neomezují rozsah ochrany tohoto vynálezu, který je podán v plné šíři v následujících patentových nárocích. a který zahrnuje veškeré ekvivalenty tohoto řešení.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Systém pro měření doby volného pádu většího počtu svazků regulačních tyčí (12) v jádru jaderného reaktoru (10) v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje poháněcí tyč (14), připojenou ke každému svazku regulačních tyčí (12), která je určena k zasouvání svazku do jádra reaktoru a k jeho vytahování z jádra reaktoru, a dále větší počet snímačů (32), sdružených s každým svazkem regulačních tyčí (12) a umístěných v tandemu podél dráhy pohybu každé poháněcí tyče (14), přičemž je každý snímač polohy v tandemové soustavě napájen prostřednictvím společného transformátoru (T_1), opatřeného bočником (50) pro zkrácení transformátoru (T_1) v průběhu měření doby volného pádu.

2. Systém pro měření doby volného pádu podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m , že bočník (50) zkracuje primární stranu transformátoru (T_1) během měřicího období.

3. Systém pro měření doby volného pádu podle nároku 2 v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje relé (50) jak pro nenapájení přenosu, tak pro zkrácení primární strany.

4. Systém pro měření doby volného pádu podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m , že snímače (30) jsou tvořeny tandemovou soustavou cívek (32).

5. Systém pro měření doby volného pádu podle nároku 4 v y z n a č u j í c í s e t í m , že cívky (32) jsou zapojeny paralelně.

6. Systém pro měření doby volného pádu podle nároku 1 v y z n a č u j í c í s e t í m , že během běžného provozu reaktoru poskytují snímače (32) nespojitě digitální výstupy, které určují polohu každého svazku regulačních tyčí (12), přičemž v průběhu měření doby volného pádu poskytují snímače (32) analogový výstup.

7. Způsob měření doby volného pádu většího počtu svazků regulačních tyčí (12) do jádra jaderného reaktoru (10), který obsahuje poháněcí tyč (14), připojenou ke každému svazku regulačních tyčí (12), která je určena k zasouvání svazku do jádra reaktoru a k jeho vytahování z jádra reaktoru, a dále větší počet snímačů (32) polohy, sdružených s každým svazkem regulačních tyčí (12) a umístěných v tandemu podél dráhy pohybu každé poháněcí tyče (14), přičemž je každý snímač (32) polohy v tandemové soustavě napájen prostřednictvím společného transformátoru (T_1), v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje následující kroky:

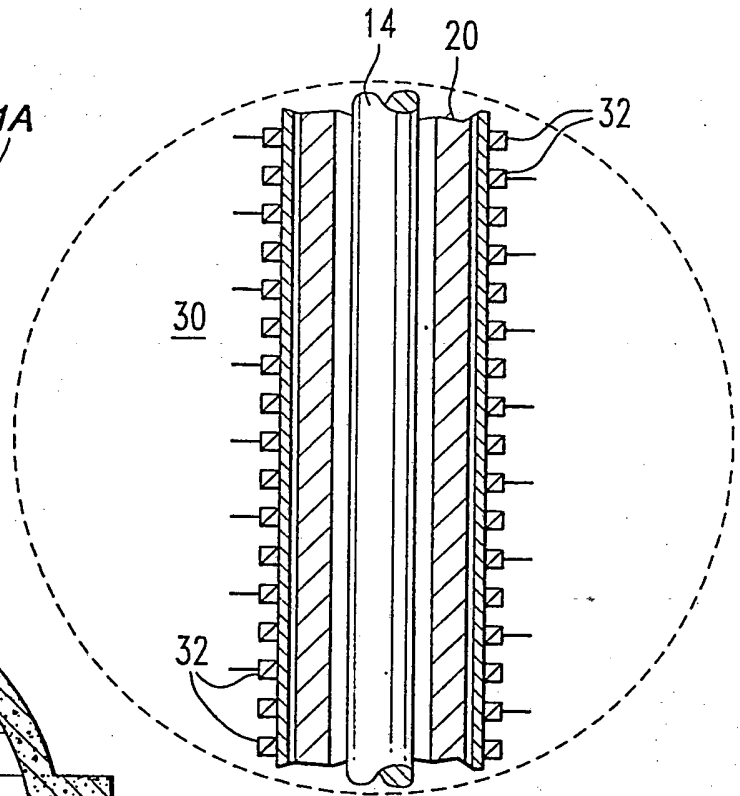
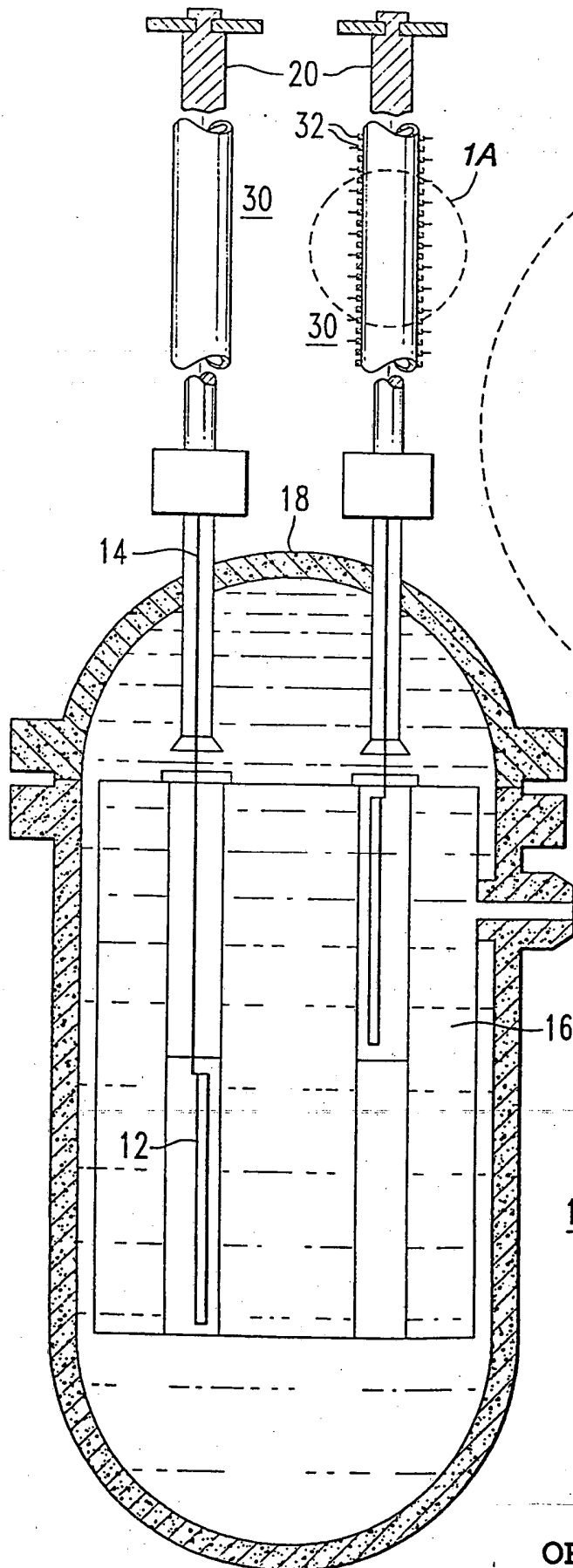
- odpojení primární strany transformátoru (T_1) od energetického zdroje,

- zkrácení transformátoru (T_1), a

- provádění měření proudu, procházejícího sekundárním vinutím transformátoru (T_1).

8. Způsob měření doby volného pádu podle nároku 7 v y z n a č u j í c í s e t í m , že krok zkrácení odbočuje primární stranu transformátoru (T_1).

1/6

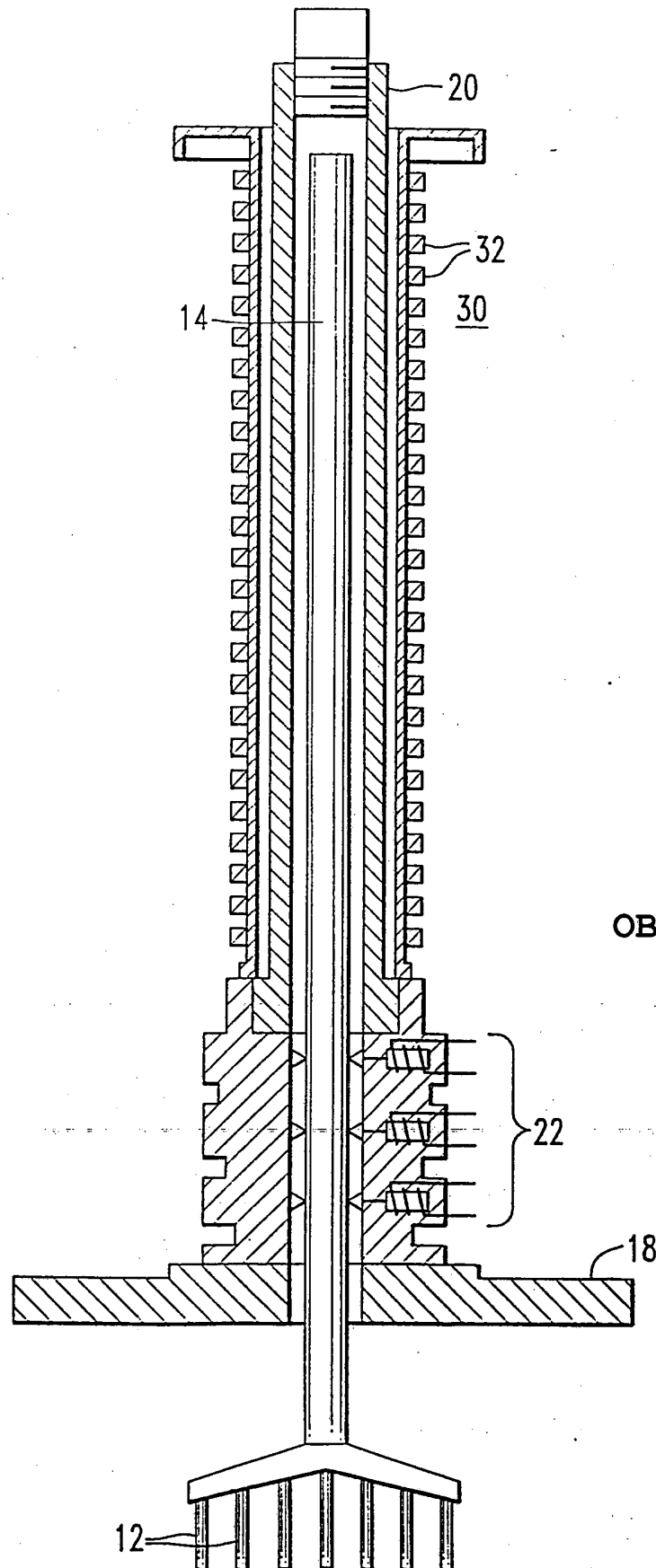


OBR. 1A

OBR. 1

12.11.99

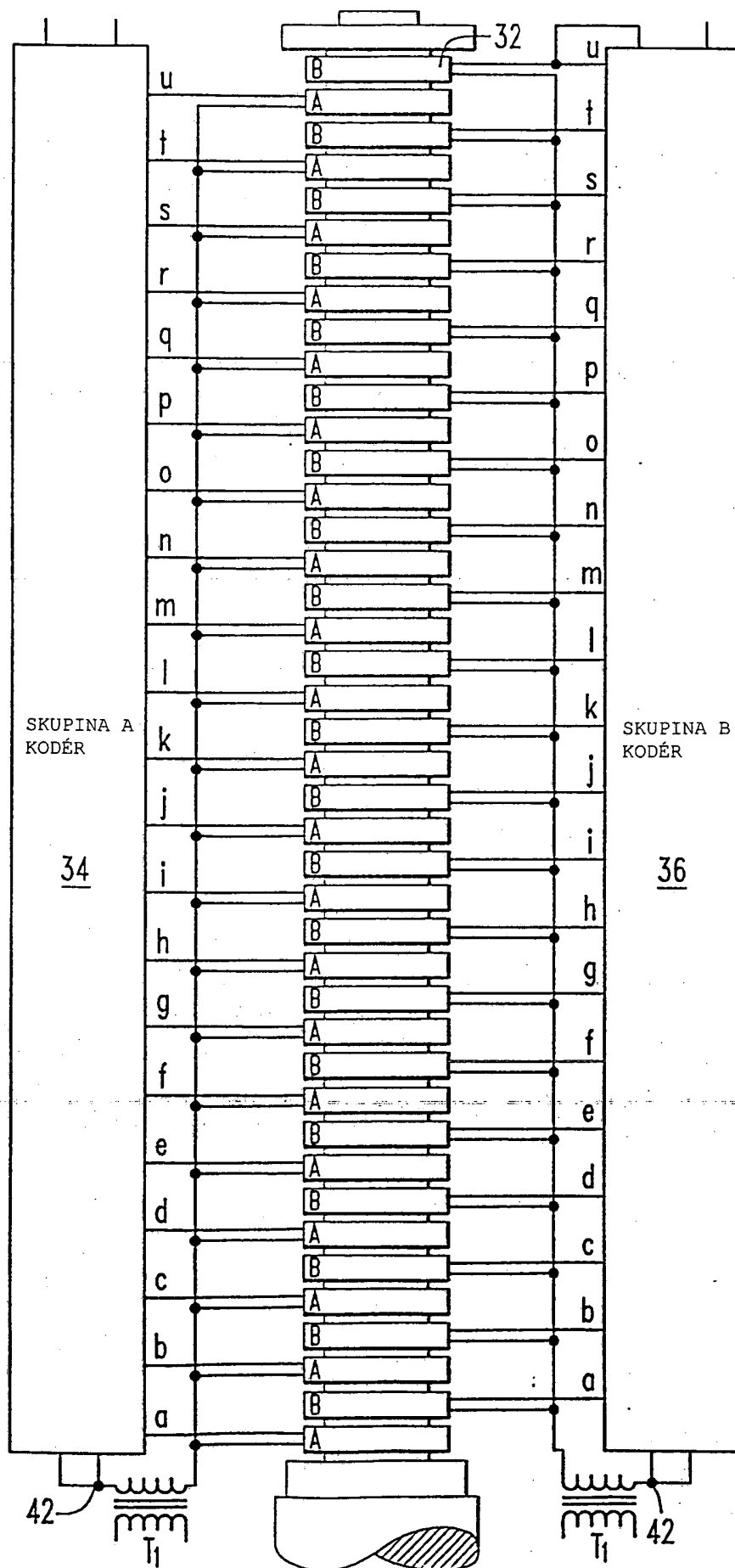
2/6



OBR. 2

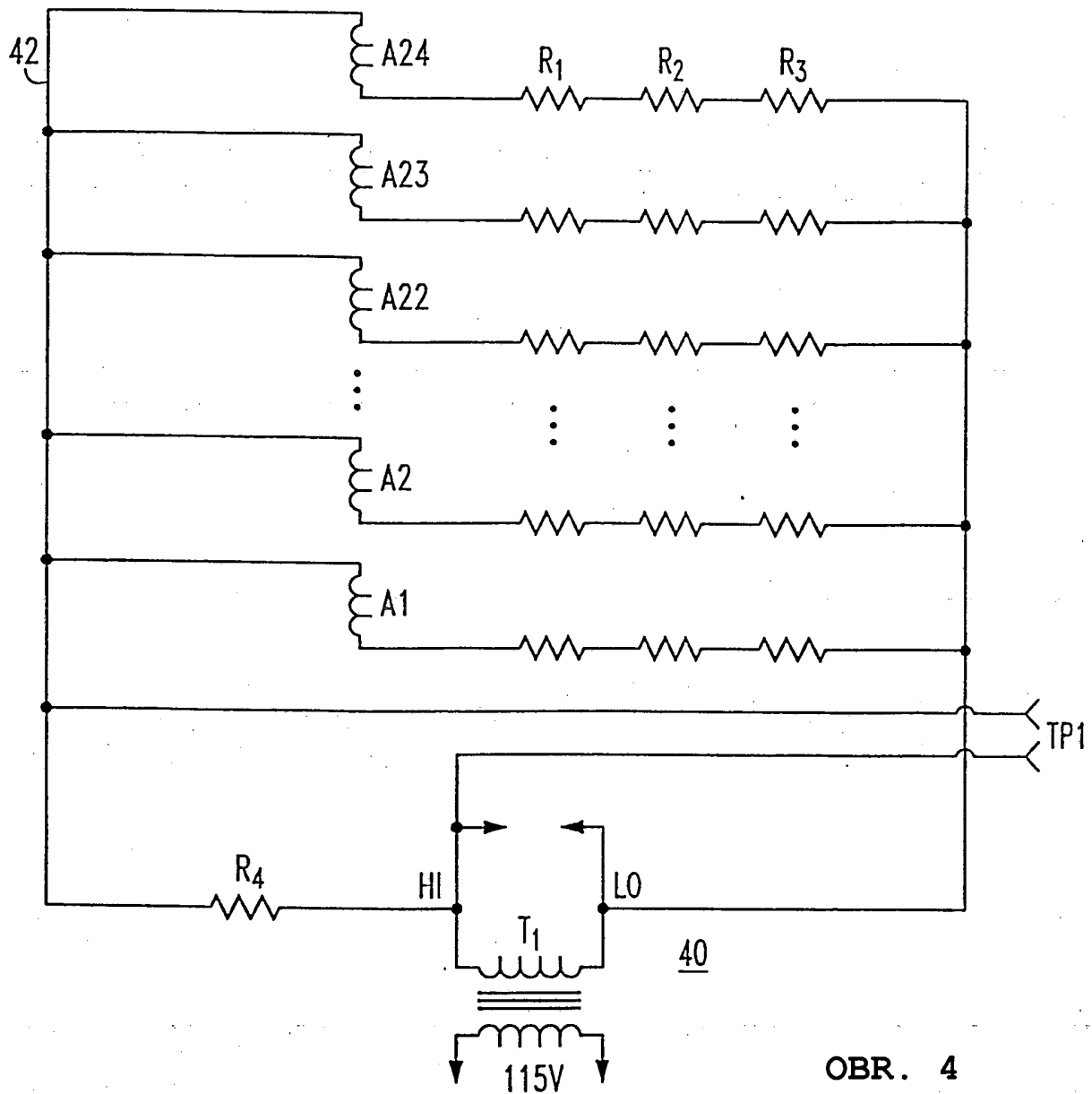
12.11.99

3/6

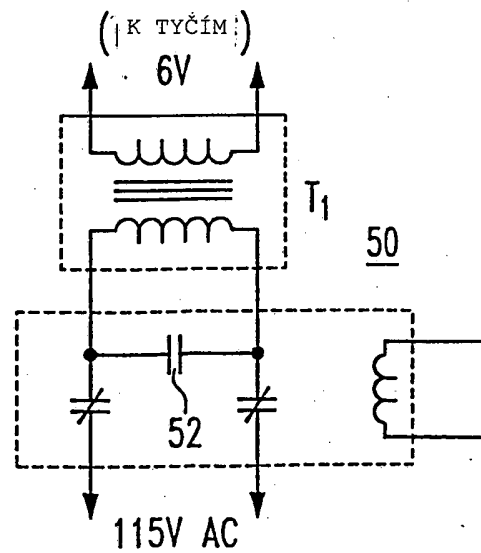


12.11.99

4/6



OBR. 4

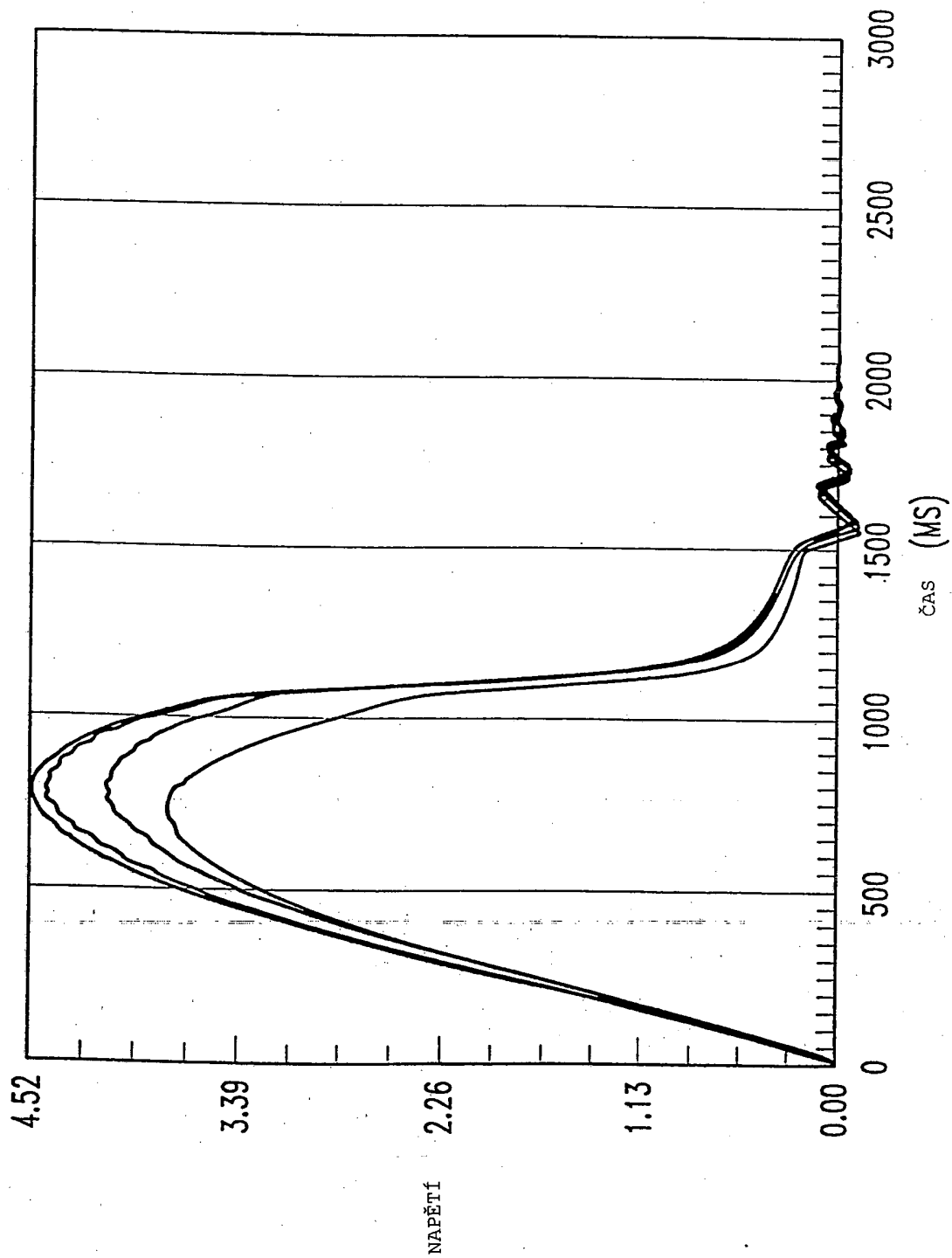


OBR. 7

RELÉ OVLÁDANÉ OD
TESTU POKLESU TYČE

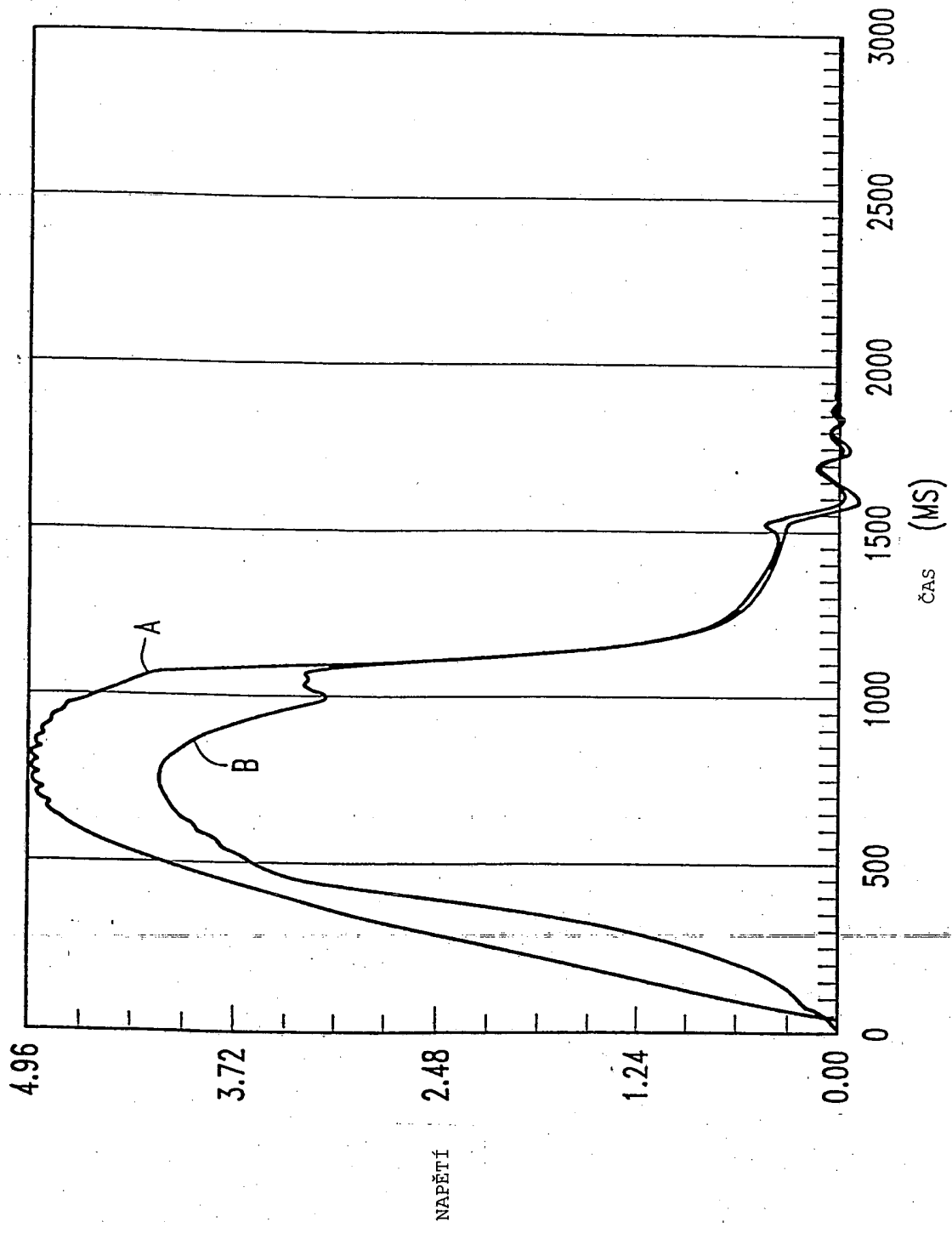
12.11.99

5/6



OBR. 5

6/6



OBR. 6