



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

209407
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 23 P 1/08

(22) Přihlášeno 14 03 73
(21) (PV 1856-73)

(40) Zveřejněno 27 02 81

(45) Vydáno 15 04 84

[72]

Autor vynálezu

INOUE KIYOSHI, TOKIO (JAPONSKO)

[73]

Majitel patentu

INOUE-JAPAX RESEARCH INC., MIDORIKU (Japonsko)

(54) Elektrické zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění

1

Vynález se týká elektrického zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění na obráběcím stroji pro elektrojiskrové obrábění.

V procesu elektrojiskrového obrábění elektrické impulsy procházejí přetržitě přes obráběcí mezeru, vytvořenou v dielektrické kapalině mezi obráběcí elektrodou a obráběným kusem, přičemž každý impuls vyvolá elektrický výboj v mezeře naplněné dielektrikem pro odstranění materiálu z obráběného kusu. Jak postupuje odstraňování materiálu nebo obrábění, obráběcí elektroda postupuje vůči obráběnému kusu pomocí servonapájecího zařízení pro udržování obráběcí mezery v daném rozměru.

Servo zařízení může působit také odezvou na zkratování mezery a na tvoření světelného oblouku, pro stažení zpět elektrody od obráběného kusu a tím odstranit vzniklé podmínky.

Během obráběcí operace, malé třísky a částice, dehet a jiné látky vytvořené elektrickými výboji jsou odnášeny dielektrickou kapalinou. Tato obvykle cirkuluje v mezeře a je hnána nebo odsávána do vrtání, vytvořeného v elektrodě a/nebo v obrobku a přímo ústí do obráběné oblasti. Při určitých aplikacích elektrojiskrového obrábění, při kterých se obrábění má provádět za

2

podmínky „bez opotřebení“, vyžadující minimální opotřebení obráběcí elektrody obráběcími výboji, bylo zjištěno, že je nežádoucí, aby cirkulace dielektrické kapaliny skrz obráběcí oblast byla násilná, alespoň během doby, ve které se vytvoří sled obráběcích výbojů skrz mezeru. Podle toho, v takových aplikacích se obvykle periodicky přerušoval přívod obráběcích impulsů do mezery a dielektrická kapalina se přiváděla skrz vrtanou elektrodu nebo obráběný kus selektivně během časových úseků přerušování impulsů. Jiným způsobem, který byl k tomu účelu používán, je přerušované stahování nebo pohybování vpřed a zpět elektrodou vůči obráběnému kusu, nezávisle na nastavení mezery servomechanismem. Tento poslední způsob, při kterém stahování zpět elektrody vůči obráběnému kusu bylo prováděno v každém vratném cyklu vrácením do normální obráběcí polohy, je zvláště jednoduchý a výhodný způsob, vhodný pro vyplachování nečistot z mezery, za současného umožnění obráběcí činnosti při požadované podmínce bez opotřebení elektrody. V tomto případě se může použít jedné nebo více trysek, umístěných vně obráběcí mezery a konstruovaných tak, aby jeden nebo více proudů čerstvé dielektrické kapaliny směřovalo k obráběcí oblasti.

Jak postupuje obrábění a obráběcí elektroda postupně vniká do obráběného kusu, přičemž vzrůstá hloubka dutiny jí vytvořené, podmínka pro výboj v mezeře má tendenci obecně být nestabilní, jako následek vzrůstajících potíží při odstraňování obrobků třísek a jiných nečistot z oblasti dutiny mezery a tím způsobování nežádoucího vytváření zkratu a světelného oblouku mezi obráběcí elektrodou a obráběným kusem a poškození jednoho nebo obou z nich. Pro odstranění těchto potíží byla navržena různá korekční a programovaná nebo preventivní opatření a použita v existujících obráběcích strojích pro elektrojiskrové obrábění. Mezi těmito opatřeními je i změna rychlosti proudu dielektrické kapaliny skrz mezeru a použití vratného pohybu, jak bylo uvedeno v předchozím odstavci, a to regulovaně. Bylo zjištěno, že je také důležitá regulace obráběcích impulsů. O této regulaci je zmínka v americkém patentu č. 3 539 755 a č. 3 536 881. Tyto patenty popisují návrhy na přizpůsobivou regulaci proudu v mezeře pomocí regulace obráběcích impulsů pravidelně nebo nepravidelně odezvou na signál odvozený od mezery pro optimalizaci procesu elektrojiskrového obrábění, ochranou mezery proti světelnému oblouku a jiným nežádoucím podmínkám nebo udržováním proudu v mezeře na konstantní hustotě během obrábění. Bylo také zjištěno, že je třeba měnit během operace obrábění prahovou hodnotu, nastavitelnou v automatickém regulačním obvodu a v obvodu generátoru obráběcích impulsů, za účelem odstranění nebo účinného zmenšení výše uvedeného problému. Pro tento druh návrhu regulace je uveden popis v americkém patentu č. 3 604 885 a č. 3 686 461. Byly také učiněny návrhy v tomto oboru pro regulovanou změnu velikosti napětí a proudu řady obráběcích impulsů a tvaru jejich vln nebo jejich konfigurace s postupem obrábění nebo odezvou na stav mezery.

Zatímco zásluhou těchto návrhů regulace byly dosaženy značné pokroky v oboru elektrojiskrového obrábění pro zlepšení kvality obrábění a stalo se možné automatizovat operaci elektrojiskrového obrábění, bylo zjištěno, že existující obvody a zapojení pro tyto regulace jsou nedostatečné ve smyslu účinnosti operace, která může být vyjádřena časem spotřebovaným pro splnění dané operace obrábění k dosažení požadovaného výsledku. Kromě toho, mnohé obvody pro regulaci elektrojiskrového obrábění, které se dnes používají, vzdor jejich účelu, nejsou úspěšné pro úplné zamezení nebo potlačení tepelného oblouku, který poškozuje obrobek nebo obráběcí elektrodu nebo oba, jak bylo vpředu uvedeno. Pokud jsou úspěšné, tato úsilí mohou mít za následek přílišný pokles účinnosti obrábění. V mnoha komerčních obráběcích strojích pro elektrojiskrové obrábění se

vzniku poškození světelným obloukem mohlo zabránit pouze řízením stroje za provozu zkušeným personálem, neboť jinak by se muselo zastavit obrábění. Závěrem, proto, je velmi důležitá potřeba regulačního obvodu, který zvyšuje účinnost obrábění, zajišťuje výborné výsledky obrábění, které nejsou postiženy škodami způsobovanými obloukem a umožňují operace na základě úplné nebo prakticky úplné automatizace.

Účelem vynálezu je vytvořit nové elektrické zapojení pro regulaci jednoho nebo více důležitých parametrů při elektrojiskrovém obrábění, jak bylo uvedeno vpředu, které by mohlo splňovat dané požadavky. Podle zásad tohoto vynálezu by zlepšené elektrické zapojení obsahovalo kontrolní zařízení spřažené s mezerou pro elektrojiskrové obrábění, pro kontrolu stupně výkonu elektrojiskrového obrábění v ní, k získání prvního signálu detekcí nežádoucího stavu v mezeře elektrojiskrového obrábění její kontrolou po dobu poměrně krátkého časového úseku. Kontrolní zařízení má být upraveno i pro získání druhého signálu po detekci, že v mezeře elektrojiskrového obrábění není taková nežádoucí situace a to kontrola stavu mezery po dobu poměrně dlouhého časového úseku. Elektrické zapojení má dále obsahovat kontrolní zařízení pro parametr elektrojiskrového obrábění, které reaguje na první zmíněný signál pro změnu velikosti parametru elektrojiskrového obrábění v takovém směru, aby nežádoucí situace byla odstraněna nebo předcházena a reagující na druhý signál pro změnu velikosti parametru elektrojiskrového obrábění ve směru opačném než první zmíněný směr k napomáhání výkonu obrábění.

Příkladnými parametry elektrojiskrového obrábění pro kontrolu pomocí tohoto elektrického zapojení jsou délka střídavého stahování zpět obráběcí elektrody od obráběného kusu, která, jak bylo uvedeno vpředu, je podle potřeby používána v mnoha operacích elektrojiskrového obrábění pro odstraňování třísek z obrábění a jiných produktů při obrábění z oblasti mezery při obrábění, dále doba trvání mezi sousedními cykly střídavého stahování a doby mezi sousedními obráběcími impulsy, jednotlivě nebo v kombinaci dvou nebo tří z nich. Tam, kde se mají kontrolovat dva parametry při střídavém relativním stahování elektrody, bylo zjištěno, že je výhodné a účinné kontrolovat je skutečně tak, že se zvětšuje délka stahování při současném zkracování časového intervalu nebo obráběcího času jako odezvu na první signál, uvedený výše, a zmenšuje se délka stahování při současném prodlužování časového intervalu jako odezvu na druhý signál, který znamená stav mezery elektrojiskrového obrábění.

Výše uvedené úkoly a požadavky plní e-

lektrické zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění na obráběcím stroji pro elektrojiskrové obrábění podle vynálezu, jehož podstatou je, že obsahuje vstupní obvod, jehož vstup je připojen na obráběcí mezeru a jehož výstup je připojen na paměťový obvod, který je svým výstupem připojen na obvod pro nastavení obráběcího parametru.

Vstupní obvod obsahuje první programový čítač, jehož vstupní svorka je připojena na obráběcí mezeru. Dále vstupní obvod obsahuje druhý programový čítač, jehož vstupní svorka je připojena na obráběcí mezeru a jehož výstup je připojen na první programový čítač. Vstupní obvod obsahuje třetí programový čítač připojený přes svorku na zdroj impulsů. Třetí programový čítač je připojen na první programový čítač. Zdroj impulsů připojený na svorku je tvořen elektrickou obráběcí mezerou. Třetí programový čítač je jedním svým vstupem spojen se vstupem druhého programového čítače. Zdroj impulsů je přes svorku spojen s obráběcí mezerou.

Paměťový obvod obsahuje první vratný čítač, jehož první vstup je spojen se vstupním obvodem přes první hradlo pro negaci součtu a jehož druhý vstup je spojen se vstupním obvodem přes třetí hradlo pro negaci součinu. Paměťový obvod obsahuje druhý vratný čítač spojený s prvním vratným čítačem přes komparátor a se vstupním obvodem. První vstup druhého vratného čítače je spojen s druhým hradlovým obvodem vstupního obvodu, tvořeným sériovým zapojením třetího hradla pro negaci součtu, pátého negačního hradla, šestého hradla pro negaci součinu, šestého negačního hradla, třetího časovače a sedmého hradla pro negaci součinu, spojeným přes vstup šestého hradla pro negaci součinu s druhým časovačem, který je spojen s komparátorem. Druhý vstup druhého vratného čítače je spojen se třetím hradlovým obvodem vstupního obvodu, tvořeným třetím negačním hradlem, čtvrtým hradlem pro negaci součinu, druhým hradlem pro negaci součtu, čtvrtým negačním hradlem a pátým hradlem pro negaci součinu, kterýžto třetí hradlový obvod je spojen se čtvrtým časovačem, spojeným s komparátorem. Čtvrtý časovač je spojen se čtvrtým programovým čítačem, jehož vstup je spojen se vstupem třetího programového čítače.

Výhodou elektrického zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění na obráběcím stroji pro elektrojiskrové obrábění podle vynálezu je, že poskytuje velmi stabilní regulaci parametru elektrojiskrového obrábění a účinně zamezuje přílišné změny jeho velikosti, z čehož plyne výborný výkon obrábění a výsledná kvalita.

Další účely, význaky a výhody tohoto vynálezu budou zřejmé z popisu konkrétního

provedení s odkazem na připojené výkresy, kde obr. 1a představuje celkové blokové schéma elektrického zapojení podle vynálezu, obr. 1b je podrobné schéma vstupního obvodu a poměťového obvodu podle vynálezu, obr. 2 ukazuje blokové schéma zapojení obvodu pro nastavení obráběcího parametru, obr. 3 ukazuje tvarové průběhy signálů v částech obvodu pro nastavení obráběcího parametru z obr. 2, a obr. 4 je grafické znázornění postupu operace elektrojiskrového obrábění za použití jednoho provedení tohoto vynálezu.

Na obr. 1a je znázorněno blokové schéma elektrického zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění na obráběcím stroji pro elektrojiskrové obrábění, obsahující vstupní obvod I, jehož vstup je připojen na obráběcí mezeru G a jehož výstup je připojen na paměťový obvod II, který je svým výstupem připojen na obvod III pro nastavení obráběcího parametru.

Na obr. 1b je znázorněno podrobné schéma zapojení vstupního obvodu I a paměťového obvodu II podle vynálezu. Vstupní obvod I obsahuje první programový čítač 11, jehož vstupní svorka 2 je připojena na obráběcí mezeru G. Vstupní obvod I obsahuje dále druhý programový čítač 10, jehož vstupní svorka 1 je připojena na obráběcí mezeru G a jehož výstup je připojen na první programový čítač 11. Vstupní obvod I obsahuje též třetí programový čítač 13 připojený přes svorku 3 na zdroj impulsů, přičemž třetí programový čítač 13 je připojen na první programový čítač 11. U konkrétního provedení je zdroj impulsů připojený na svorku 3 tvořen elektrickou obráběcí mezerou G. Třetí programový čítač 13 je jedním svým vstupem spojen se vstupem druhého programového čítače 10. Paměťový obvod II obsahuje první vratný čítač 21, jehož první vstup 20 je spojen se vstupním obvodem I přes první hradlo 18 pro negaci součtu a jehož druhý vstup 24 je spojen se vstupním obvodem I přes třetí hradlo 25 pro negaci součinu. Paměťový obvod II dále obsahuje druhý vratný čítač 33 spojený s prvním vratným čítačem 21 přes komparátor 22 a se vstupním obvodem I. První vstup 42 druhého vratného čítače 33 je spojen s druhým hradlovým obvodem IV vstupního obvodu I, tvořeným sériovým zapojením třetího hradla 41 pro negaci součtu, pátého negačního hradla 35, šestého hradla 36 pro negaci součinu, šestého negačního hradla 37, třetího časovače 38 a sedmého hradla 39 pro negaci součinu, spojeným přes vstup šestého hradla 36 pro negaci součinu s druhým časovačem 40, který je spojen s komparátorem 22. Druhý vstup 32 druhého vratného čítače 33 je spojen se třetím hradlovým obvodem V vstupního obvodu I, tvořeným třetím negačním hradlem 26, čtvrtým hradlem 27 pro negaci součinu, druhým hradlem 29

pro negaci součtu, čtvrtým negačním hradlem **30** a pátým hradlem **31** pro negaci součinu, kterýžto třetí hradlový obvod **V** je spojen se čtvrtým časovačem **28**, spojeným s komparátorem **22**. Čtvrtý časovač **28** je spojen se čtvrtým programovým čítačem **14**, jehož vstup je spojen se vstupem třetího programového čítače **13**.

Podle obr. 1b je vstup druhého programového čítače **10** připojen na svorku **1** pro příjem „signálů žádoucího stavu“ z rozlišovacího obvodu, který není znázorněn, který selektivně hradluje nebo snímá „impulsy žádoucího stavu“ z řady impulsů přivedených na mezeru mezi obráběcí elektrodou a obráběným kusem. Výrazem „impuls žádoucího stavu“ je zde míněn impuls, z kterého vznikne uspokojivý obráběcí výboj. Zda je jednotlivý impuls přivedený na obráběcí mezeru impulsem žádoucího stavu nebo ne, to lze zjistit například měřením napěťové nebo proudové hladiny impulsů po jeho vybuzení proudového toku skrz mezeru, vůči prahové hodnotě, která bude rozlišovat normální výboj od zkratu, oblouku nebo jiného impulsu nežádoucí kvality. Druhý programový čítač **10** se vstupním obvodem připojeným k němu je určen pro příjem a čítání impulsů žádoucího stavu. Když odpočítá daný počet vstupních impulsů, například osm impulsů žádoucího stavu, vymaže se a začne čítání znova. Když je druhý programový čítač **10** vynulován, na výstupu vydá nulovací signál prvnímu programovému čítači **11**.

Vstup prvního programového čítače **11** je připojen na svorku **2**, na kterou se přivádějí „impulsy nežádoucího stavu“, to jest signály z rozlišovacího obvodu, který není znázorněn, který selektivně hradluje nebo snímá „impulsy nežádoucího stavu“ z řady impulsů přiváděných na mezeru mezi obráběcí elektrodou a obráběným kusem. Výrazem „impulsy nežádoucího stavu“ jsou zde míněny impulsy, které mají nepříznivý výsledek, obvykle proudové impulsy, na rozdíl od „impulsů žádoucího stavu“. První programový čítač **11** se svým vstupním obvodem je určen pro čítání jednotlivých impulsů nežádoucího stavu, a když odpočítá daný počet vstupních impulsů, například čtyři impulsy nežádoucího stavu než dostane nulovací signál z druhého programového čítače **10**, na jeho výstupu se objeví spouštěcí signál, který pokládá stav v obráběcí mezeře za „nenormální“, to jest signál, který spustí monostabilní multivibrátor nebo podobný časovač **12**, na jehož výstupu se objeví signální impuls „0“.

První programový čítač **11** se potom vynuluje a tím připraví pro začátek nového čítání. Jestliže však první programový čítač **11** před odpočítáním předem daného počtu impulsů nežádoucího stavu se vynuluje nulovacím signálem přivedeným z druhého programového čítače **10**, který zna-

mená, že předem nastavený počet impulsů žádoucího stavu byl odpočítán, nevytvoří se žádný výstup pro časovač **12** a na jeho výstupu zůstane „1“. Tedy, časovač **12** bude mít přechodně na výstupu signál „0“, znamenající, že momentálně je v mezeře nenormální stav, když první programový čítač **11** odpočítá předem nastavený počet impulsů nežádoucího stavu, dříve než druhý programový čítač **10** zaznamená předem nastavený počet impulsů žádoucího stavu. Tyto počty předem nastavovaných impulsů jsou určovány podle typu operace, která má být vykonána, materiálů použité obráběcí elektrody a obráběného kusu, který má být obráběn a jiných obráběcích faktorech.

Třetí vstupní svorka **3**, spojená s třetím programovým čítačem **13** a se čtvrtým programovým čítačem **14**, je v tomto provedení určena pro čítání vratného pohybu, to jest počtu impulsů generovaných v rytmu vracení obráběcí elektrody od obráběného kusu a když třetí programový čítač **13** odpočítá předem nastavený počet pohybů, například osm impulsů, tento vydá výstupní signál.

Tento výstupní signál je veden zpět do nulovacího obvodu třetího programového čítače **13** přes druhé negační hradlo **16** a první hradlo **17** pro negaci součinu, přičemž toto poslední hradlo je svojí druhou vstupní svorkou připojeno na výstupní svorku časovače **12**. Podle toho, je zřejmé, že třetí programový čítač **13** okamžitě vynuluje a znova začne čítání relativního vratného pohybu, kdykoliv se vytvoří v časovači **12** signál „0“ o nenormálním stavu v obráběcí mezeře a přivede na první hradlo **17** pro negaci součinu, jakož i když odpočítá předem nastavený počet vratných pohybů, osm impulsů. Třetí programový čítač **13** po odpočítání tohoto předem nastaveného počtu impulsů, vydá výstupní signál „1“, který znamená, že stav v mezeře je normální, když nevznikne předem nastavený počet impulsů nežádoucího stavu, to jest čtyři impulsy nežádoucího stavu, a v prvním programovém čítači **11** nebyly odpočítány v čase nastaveném v druhém programovém čítači **10**, přičemž tento poslední čas je mnohem kratší než časový úsek, během kterého je odpočítán v třetím programovém čítači **13** předem nastavený počet vratných pohybů.

Výstupní signál z třetího programového čítače **13** je přiveden přes první hradlo **18** pro negaci součtu a druhé hradlo **19** pro negaci součinu na snižovací svorku **20** prvního vratného čítače **21** pro snížení hladiny signálů o jeden přírůstek. To předpokládá, že ani první hradlo **18** pro negaci součtu ani druhé hradlo **19** pro negaci součinu nemají na příslušném druhém vstupu hradlicí signál, přivedený z komparáto-

ru **22**, respektive z prvního dekodéru **23**, které budou popsána dále.

První vratný čítač **21** je zde určen k tomu, aby měl na výstupu signály 0 až 9, odpovídající 10-ti přírůstkově měněným velikostem elektrojskrového obráběcího parametru, například časového intervalu mezi následujícími obráběcími impulsy, délky nebo vzdálenosti relativního vracení obráběcí elektrody od obráběcí polohy ve vratném pohybu nebo časový interval mezi dvěma následujícími vratnými cykly, to jest časový interval, ve kterém jsou elektroda a obráběný kus drženy v obráběcí poloze, nebo kterýkoliv jiný důležitý obráběcí parametr. Tyto velikosti parametrů jsou ustavovány odpovídajícími deseti polohami, kterými je opatřeno nastavovací zařízení, jak bude popsáno dále, a nastavitelně přepínanými odpovídajícími čítacími výstupy prvního vratného čítače **21**.

První vratný čítač **21** má zvyšovací svorku **25**, na kterou je přiváděn výstupní signál časovače **12**, indikující, že v mezeře je nenormální stav, přes první negační hradlo **15** a třetí hradlo **25** pro negaci součinu pro připočtení jednoho přírůstku pokaždé, když časovač vyrobí signál „0“, který znamená, že není žádný hradicí vstup do třetího hradla **25** pro negaci součinu z prvního dekodéru **23**.

První dekodér **23** vyhodnocením prvního vratného čítače **21** poskytuje vstupy do druhého a třetího hradla **19** a **25** pro negaci součinu pro zahrazení povelu k čítání směrem dolů z prvního hradla **18** pro negaci součtu a povelu pro čítání směrem nahoru z prvního negačního hradla **15**, aby neprošly skrz ně, když je v prvním vratném čítači **21** hladina signálů 0, resp. 9.

Čtvrtý programový čítač **14** je určen pro poskytnutí výstupního signálu po odpočítání předem nastaveného počtu relativního vracení elektrody nebo vratných pohybů, kterých počet je zde mnohem vyšší, než počet nastavený pro třetí programový čítač **13**, například 128 signálů relativního vracení. Výstupní signál čtvrtého programového čítače **14** je veden zpět na jeho nulovací obvod přes třetí negační hradlo **26** a čtvrté hradlo **27** pro negaci součtu spojené do série. Na druhou vstupní svorku tohoto posledního je připojen výše zmíněný časovač **12** a na třetí vstupní svorku je připojen čtvrtý časovač **28**, který je zase připojen na komparátor **22**, který normálně má na výstupu „0“, avšak, když je výstup přepnut na „1“, spustí čtvrtý časovač **28**, který pak vydá na výstupu přechodně signál „0“. Podle toho, čtvrtý programový čítač **14** okamžitě se vynuluje a znova začne své čítání po odpočítání nastaveného počtu, například 128 signálů, když na čtvrté hradlo **27** pro negaci součinu přijde signál „0“ o nenormálním stavu v mezeře z časovače **12** nebo na čtvrté hradlo **27** pro negaci součinu přijde výstup „0“ ze čtvrtého časovače **28**, který in-

dikuje, že výstup komparátoru **22** se přepnul na „1“.

V podmínkách operace, čtvrtý programový čítač **14** začíná čítání po vynulování jeho předchozích signálů výstupem „0“ čtvrtého časovače **28**, připojeného na čtvrté hradlo **27** pro negaci součinu. Když odpočítá 128 impulsů vstupních bez signálu „0“ o nenormálním stavu v mezeře z časovače **12**, čtvrtý programový čítač **14** vytvoří signál „0“ na výstupu třetího negačního hradla **26** a na jednu vstupní svorku druhého hradla **29** pro negaci součtu. Na jeho druhou vstupní svorku je připojeno čtvrté negační hradlo **30**, jeho vstupní svorka je připojena na komparátor **22**. Tedy, je zřejmé, že signál „0“, označující dokončení 128 signálů, prošel druhým hradlem **29** pro negaci součtu a vytváří signál „1“ na jeho výstupu, pouze když je „1“ na výstupu komparátoru **22**, jehož funkce bude popsána dále.

Propuštěný signál je pak přiveden přes páté hradlo **31** pro negaci součinu na povelový vstup **32** pro sestupné čítání druhého vratného čítače **33** pro snížení jeho signálové hladiny o jeden signál. Druhý dekodér **34** kontroluje signálovou hladinu druhého vratného čítače **33** a vyšle signál do pátého hradla **31** pro negaci součinu, který zabrání přivedení povelového signálu pro sestupné čítání do druhého vratného čítače **33**, když tento měl nejnižší nebo 0 hladinu signálů.

Komparátor **22** je zapojen mezi první a druhý vratný čítač **21** a **33** a jak bylo vpředu uvedeno, má normálně na výstupu „0“. Je určen pro vytváření „1“ na výstupu, když signálová hladina prvního vratného čítače **21** souhlasí s hladinou druhého vratného čítače **33**. Když se vyvine signál „1“, první hradlo **18** pro negaci součtu je vyraženo z činnosti nebo uzavřeno, takže, jestliže je vyroben povel pro sestupné čítání třetím programovým čítačem **13**, tento nemůže snižovat hladinu signálů v první vratném čítači **21** a tento musí udržet existující signálovou hladinu. Tedy, nikdy nebude první vratný čítač **21** snižovat svojí signálovou hladinu pod hladinu druhého vratného čítače **33**. Jak bylo uvedeno, výstup „1“ komparátoru **22** je také připojen na jedné straně na čtvrtý časovač **28** pro znova nastavení čtvrtého programového čítače **14** a na druhé straně na druhé hradlo **29** pro negaci součtu přes čtvrté negační hradlo **30**. Z toho vyplývá, že čtvrtému programovému čítači **14** je umožněno začít nebo znova začít čítací impulsy, odpovídající přerušovaným relativním vracením elektrody a druhé hradlo **29** pro negaci součtu je znova schopné nebo otevřené, jakmile signálová hladina prvního vratného čítače **21** souhlasí s hladinou druhého vratného čítače **33**, a že povel pro snižování signálové hladiny se dá přivést na vstup druhého vratného

čítače **33** po splnění nastaveného počtu impulsů, 128 impulsů, čtvrtého programového čítače **14** a jestliže souhlas signálových hladin je udržován mezi dvěma vratnými čítači **21** a **33**. Jestliže mezitím byla zjištěna nenormální situace v mezeře pomocí prvního a druhého programového čítače **10** a **11** a byl vyroben signál „0” na výstupu prvního časovače **12**, podle toho, čítací operace čtvrtého programového čítače **14** se ukončí a vynuluje. Tak je tedy sestupné čítání druhého vratného čítače **33** přesně regulováno.

Svorka **42** pro vzestupné čítání druhého vratného čítače **33** je připojena na výstup prvního negačního hradla **15** přes třetí hradlo **41** pro negaci součtu, páté negační hradlo **35**, šesté hradlo **36** pro negaci součinu, šesté negační hradlo **37**, třetí časovač **38** a sedmé hradlo **39** pro negaci součinu, zapojené v sérii, přičemž první negační hradlo **15** provádí inverzní výstup „0” o normálním stavu mezery a výstup „1” o nenormálním stavu mezery, odpovídající výstupu „1” prvního časovače **12** o normálním stavu mezery a jeho výstupu „0” o nenormálním stavu mezery. V tomto sériovém obvodu, jedna vstupní svorka šestého hradla **36** pro negaci součinu je připojena na výstup druhého časovače **40**, jehož vstup je připojen na komparátor **22**. Dokud je na výstupu tohoto posledního „0”, druhý časovač **40** zůstává mimo činnost a má na výstupu „0”, vstupující do šestého hradla **36** pro negaci součinu a tím udržuje toto poslední hradlo uzavřené pro jeho vstupní signály a jako výsledek je vstup třetího časovače **38** udržován na „0”, kterýžto vstup je veden zpět do třetího hradla **41** pro negaci součtu. Když se však výstup komparátoru **22** přepne na „1” odezvou na signálovou hladinu prvního vratného čítače **21**, která klesla tak, že souhlasí s hladinou druhého vratného čítače **33**, druhý časovač **40** se uvede v činnost, aby otevřel šesté hradlo **36** pro negaci součinu a udržoval ho otevřeným po dobu zvoleného časového intervalu, například 40 vteřin, což závisí na účelu obráběcí operace a materiálech elektrody a obráběného kusu a na jiných obráběcích faktorech.

V tomto časovém intervalu, pokud první negační hradlo **15** zjistí signál o nenormálním stavu v mezeře a tedy třetí hradlo **41** pro negaci součtu dostane od něj výstup „1”, tento signál se přenesení přes páté negační hradlo **35**, šesté hradlo **36** pro negaci součinu a šesté negační hradlo **37** a vytvoří vstup „1” do třetího časovače **38** pro jeho uvedení v činnost. Impuls vyrobený třetím časovačem **38** je veden přes sedmé hradlo **39** pro negaci součinu na svorku **42** pro vzestupné čítání druhého vratného čítače **33** pro zvýšení jeho signálové hladiny o jeden signál. Mezitím, tentýž výstup „1” o nenormálním stavu v mezeře z prv-

ního negačního hradla **15** je veden také přes třetí hradlo **25** pro negaci součinu do svorky **24** pro vzestupné čítání prvního vratného čítače **21** pro zvýšení jeho signálové hladiny o jeden signál. První vratný čítač **21** může dále zvyšovat svoje signálové hladiny po přírůstcích, jestliže a kdykoliv dostane další signál „1” o nenormálním stavu v mezeře z prvního negačního hradla **15**. Avšak, jak bude z dalšího zřejmé, druhý vratný čítač **33** je zde omezen ve vzrůstu jeho signálové hladiny o více než jeden signál po dobu předem nastaveného časového intervalu, 40 vteřin. Po započetí tohoto časového intervalu, po přijetí jednoho signálu o nenormálním stavu v mezeře, „1” signál vyrobený na výstupu šestého negačního hradla **37** je veden zpět do třetího hradla **41** pro negaci součtu, které je tímto zablokováno a znovu nastavení šestého hradla **36** pro negaci součinu je znemožněno, dokud druhý časovač **40** neodpočítá časový interval a jeho výstup se vrátí na „0”. Po uplynutí časového intervalu, druhý časovač **40** zůstane mimo činnost, dokud nedostane další signál „1” z komparátoru **22**, který oznámí, že signálová hladina prvního vratného čítače **21** souhlasí opět s hladinou druhého vratného čítače **33**. A, ovšem, jestliže nebyl přijat žádný signál o nenormálním stavu v mezeře z prvního časovače **12** během časového intervalu stanoveného druhým časovačem **40**, nenastane žádné čítání směrem nahoru v druhém vratném čítači **33**.

Význam činnosti druhého vratného čítače **33**, který je zde použit jako referenční nebo regulační čítač pro první čítač **21**, to jest čítač pro kontrolu obráběcích parametrů, bude podrobněji vysvětlen v dalším popisu.

Předpokládejme, že druhý vratný čítač **33** měl nyní n-tou signálovou hladinu z možných přírůstkových signálů 0 až 9, zatímco první, to jest kontrolní čítač **21** odezvou na přicházející signály vytváří nebo opakuje vzestupné a sestupné čítání v rozsahu signálových hladin vyšším než je n-tá hladina a přepínáním kontroluje kontrolní polohy v nastavovacím zařízení v souhlasu s ním, tedy velikosti obráběcího parametru nastavené těmito polohami. Za tohoto předpokladu, kontrolní čítač **21** může snižovat svoji signálovou hladinu aby souhlasila s n-tou hladinou druhého, to jest referenčního čítače **33**, odezvou na signál z mezery, přijatý na jeho svorku pro sestupné čítání, označující, že obráběcí výkon v obráběcí mezeře se zlepšuje. Nová velikost obráběcího parametru se pak ustálí v nastavovacím zařízení tak, aby odpovídala n-té signálové hladině u prvního vratného čítače **21** a použije se pro následující obrábění. Jestliže nová velikost parametru ve skutečnosti postačující pro umožnění uspokojivého provádění obrábění, pak by se, během příslušného časového intervalu druhým

časovačem 40, neměl vytvořit žádný signál o nenormálním stavu v mezeře, který by vyžadoval zvyšování signálové hladiny pro navrácení velikosti obráběcího parametru na předešlý a soustava vlastně zajišťuje udržení n -té signálové hladiny a tudíž n -tou velikost parametru až do uplynutí příslušného časového intervalu.

Je důležité připomenout, že po koincidenci signální hladiny prvního vratného, to jest kontrolního čítače 21 se signálovou hladinou druhého vratného, to jest referenčního čítače 33, signál o „normálním stavu v mezeře“ bude znova a opakovaně vznikat na výstupu třetího programového čítače 13 a na vstupu prvního hradla 19 pro negaci součtu, které je spojeno přes druhé hradlo 19 pro negaci součinu se vstupní svorkou pro sestupné čítání prvního vratného kontrolního čítače 21. V konkrétním systému, však, přenos tohoto signálu je zabráněn výstupem „1“ komparátoru 22, takže první vratný kontrolní čítač 21 je blokován proti jakémukoliv dalšímu povelu pro sestupné čítání po dobu poměrně dlouhého časového intervalu, totiž, dokud čtvrtý programový čítač 14 neodečítá předem nastavený počet impulsů, například 128 impulsů. Tedy, teprve po ukončení posledních signálů, z kterého vyplýne snížení o jeden signál signální hladiny druhého vratného referenčního čítače 33, je umožněno prvnímu vratnému kontrolnímu čítači 21 snížit svoji kontrolní signální hladinu o jeden signál odezvou na signál o normálním stavu v mezeře, kdy čítací hladiny obou vratných čítačů opět souhlasí. Toto účinně zmenšuje na nejmenší míru předčasné čítání směrem dolů prvního vratného kontrolního čítače 21 a tak vylučuje přílišné změny velikosti obráběcího parametru, které by mohly mít škodlivý následek pro obráběný kus a zamezuje přílišné vratné změně hodnoty parametru nebo výslednému „kolísavému“ stavu.

Po koincidenci signálové hladiny mezi kontrolním vratným čítačem 21 a referenčním vratným čítačem 33, je možné, že nově ustavená velikost obráběcího parametru je, při použití, nevhodná pro umožnění pokračování v obrábění uspokojivým způsobem, nýbrž je takový předčasný postup čítání směrem dolů sejmuto a okamžitě opraven. Po koincidenci při n -té signálové hladině mezi dvěma čítači, druhý časovač 40 okamžitě započne kontrolní časový úsek, například 40 vteřin, během kterého signál o nenormálním stavu v mezeře, pokud vznikne, se přenesse prvním časovačem 12 na svorku pro vzestupné čítání prvního vratného kontrolního čítače 21 pro vrácení jeho signálové hladiny na předchozí, $(n+1)$ -ní hladinu. Současně, signál o nenormálním stavu v mezeře zvedne také signálovou hladinu druhého vratného referenčního čítače 33 o jeden signál. Tedy, nová referenční hladina, $(n+1)$ -ní hladina je ustavena, což

zabrání signálové hladině prvního vratného kontrolního čítače 21 aby klesla pod ní. Během výše uvedeného kontrolního časového úseku může být sejmuto další signál o nenormálním stavu v mezeře a vyvinut prvním časovačem 12, který pak zvýší signálovou hladinu prvního vratného kontrolního čítače 21 na $(n+2)$ -hou signálovou hladinu, která zase znova nastaví velikost obráběcího parametru podle toho, takže zabrání opakování nenormálního stavu v mezeře. Signálová hladina druhého vratného referenčního čítače 33 však zůstává při $(n+1)$ -ní hladině a čeká, až signálová hladina prvního vratného kontrolního čítače 21 klesne na tuto referenční hladinu.

Při koincidenci obou vratných čítačů 21 a 33 při n -té signálové hladině nastane takové situace, která vyžaduje přechodné zvýšení signálové hladiny prvního vratného kontrolního čítače 21. Tak, jestliže není sejmuto žádný signál o nenormálním stavu v mezeře během zkušebního časového úseku, který začíná po koincidenci signálových hladin dvou vratných čítačů a končí po uplynutí času, stanoveného druhým časovačem 40, 40 vteřin, oba vratné čítače 21 a 33, po ukončení tohoto zkušebního časového úseku, zachovají souhlasnou n -tou signálovou hladinu, přičemž první vratný kontrolní čítač 21 udává velikost obráběcího parametru jí definovanou.

Potom, jestliže vznikne nenormální stav v obráběcí mezeře, první časovač 12 vyrobí signál o nenormálním stavu v mezeře, který ukazuje, že je třeba zvýšit signálovou hladinu prvního vratného kontrolního čítače 21 o jeden signál na $(n+1)$ -ní hladinu, zatím co signálová hladina druhého vratného referenčního čítače 33 je udržována na n -té hladině. $(n+1)$ -ní signálová hladina prvního vratného kontrolního čítače 21 udává novou velikost obráběcího parametru a, jestliže je tímto ihned odstraněna nenormální situace v mezeře, třetí programový čítač 13 odpočítá předem nastavený počet impulsů, například osm signálů, jak bylo uvedeno výše, pro vrácení prvního vratného kontrolního čítače 21 na n -tou hladinu. Jestliže nenormální stav v mezeře nebyl odstraněn nebo vznikl jiný nenormální stav v mezeře, první časovač 12 vyvine další signál, který indikuje, že je třeba zvýšit první vratný kontrolní čítač 21 na $(n+2)$ -hou signálovou hladinu. Potom, jestliže obráběcí mezera pokračuje v přijatelném výběecím výkonu nebo v příznivé obráběcí podmínce, zvýšená signálová hladina se okamžitě sníží o přírůstek odezvou na signály o normálním stavu v mezeře, vyvinuté třetím programovým čítačem 13, až se vrátí na n -tou hladinu.

Na pravé straně obr. 1b je znázorněna vyhodnocovací jednotka, která má zobra-

zovací dekodér 43 a elektronkový ukazatel 44, spojený s výstupní svorkou prvního vratného kontrolního čítače 21 pro vytvoření vizuálního obrazu jeho výstupního signálu, hladiny kontrolních signálů, kterýžto signál je veden také přes výstupní svorku na jednotku pro nastavení parametru, která bude popsána s odkazem na obr. 2.

Na obr. 1b je označen také číslcový spínač 45, určený pro ruční nastavení signálové hladiny každého z obou vratných čítačů 21 a 33. Číslcový spínač 45 je spojen s voličovým spínačem 46, použitým pro selektivní spojení svorky 47, to jest „automaticky“, a svorky 48, to jest „ručně“, se dvěma vratnými čítači 21 a 33 přes čtvrté hradlo 49 pro negaci součtu a osmé negační hradlo 50. Toto uspořádání zajišťuje, že ovládáním číslcového spínače 45 se působí na vratné čítače 21 a 33 pouze tehdy, když svorka 48 pro ruční ovládání je nastavena ve spínací poloze, a je mimo činnost když je svorka 47 pro automatické ovládání ve spínací poloze, která blokuje čítače proti činnosti číslcového spínače 45. Použití číslcového spínače je nutné nebo žádoucí při určitých typech obráběcí operace, které je výhodné zahájit při počáteční referenční signálové hladině, která je vyšší než hladina „0“. V těchto operacích je žádoucí, nebo nutné použít odlišných počátečních referenčních hladin, v závislosti na typu konfigurace obráběcí elektrody a podle tvaru, který má mít obráběný kus, jakož i při přepínání z hrubé operace na dokončovací operaci při obrábění jednotlivých obráběných kusů.

Vztahová značka 51 označuje vstupní svorku pro přivedení nulovacího signálu do vratných čítačů 21 a 33 pro navrácení signálových hladin těchto čítačů na 0, když je to třeba, například na konci dané obráběcí operace. Nulovací signál ze svorky 51 je přiveden do čítačů přes sedmé negační hradlo 52 a osmé hradlo 53 pro negaci součinu, na nějž je připojena jeho druhá vstupní svorka 54. Vstupní svorka 54 je zde určena pro poskytnutí nulovacího signálu když se připojí napájecí zdroj elektrojiskrového obrábění, takže předchozí zásoba signálů, pokud nějaká je, se může odstranit automaticky při počátku nové obráběcí operace.

Podle obr. 2, který znázorňuje jedno provedení obvodu pro nastavení obráběcího parametru pro použití zde, výstup prvního vratného kontrolního čítače 21, který vytvoří na jeho výstupní svorce, je připojen na čtvrtý dekodér 55, který je určen pro kontrolní povel, pro kontrolu velikosti jednoho nebo více kontrolovatelných parametrů elektrojiskrového obrábění v souladu s ním. Ve zvláštním provedení čtvrtý dekodér 55 je zde opatřen 10-ti výstupními stupni, které odpovídají 10-ti signálovým hladinám prvního vratného kontrolního čítače 21 a jsou selektivně ovladatelné

vznikem odpovídající signální hladiny pro výběr a ustanovení jedné z deseti odlišných velikostí pro každý z jednoho nebo více parametrů elektrojiskrového obrábění. Na obrázku je označen pouze n-tý nastavovací stupeň nebo obvod, připojený k n-tému výstupu čtvrtého dekodéru 55, z důvodů jasnosti a je samozřejmé, že podobných 9 nastavovacích obvodů je připojeno na příslušných dalších 9 výstupů čtvrtého dekodéru 55. Jak bylo uvedeno vpředu, důležitým parametrem elektrojiskrového obrábění je typický časový interval mezi sousedními impulsy pro obráběcí výboje, délka relativního vracení obráběcí elektrody od obráběného kusu vratným pohybem, který se používá a provádí nezávisle na servomechanismu pro nastavení mezery, časový interval mezi sousedními cykly nebo zdvihy vratného pohybu, to jest čas trvání, ve kterém jsou elektroda a obráběný kus drženy v obráběcí poloze pro umožnění vzniku výbojů, referenční napětí nebo kontrolní hladina v servonapájecím ovládání a rozsah zesílené cirkulace dielektrické kapaliny skrz obráběcí mezeru. V popisu, který následuje je uvedeno vysvětlení navrženého elektrického zapojení pro dvě uvedené proměnné vratného pohybu.

Každý nastavovací obvod obsahuje pár tranzistorových spínačů 56 a 57, které jsou připojeny na monostabilní multivibrátory 58, resp. 59. Jak bylo uvedeno dříve, každý nastavovací obvod přijímá vstupní signál ze čtvrtého dekodéru 55 selektivně adresovaný na něj. Tak, n-tý nastavovací obvod přijímá takový signál z n-tého výstupu čtvrtého dekodéru 55, když kontrolní vratný čítač má n-tou hladinu, v kteréžto době se nevytvoří žádný výstupní signál na ostatních 9 výstupů čtvrtého dekodéru 55. Tranzistorové spínače 56 a 57 jsou uvedeny a udržovány ve vodivém stavu, když a protože přijímají vstupní signál pro uvedení a udržování monostabilních multivibrátorů 58 a 59 v činnosti. Zde první monostabilní multivibrátor 58, pokud je spuštěn, vytváří na svorce 60 impuls o trvání nastaveném tak, aby odpovídal dané délce relativního vracení elektrody od obráběného kusu vratným pohybem. Druhý monostabilní multivibrátor 59, pokud je spuštěn, vytváří na téže svorce 60 impuls, jehož trvání je nastaveno tak, aby vymezil danou délku času, časový interval obrábění, mezi sousedními vratnými cykly, zejména mezi okamžikem, kdy elektroda se vrací do obráběcí polohy a okamžikem, kdy elektroda se na to znova vrátí a přeruší obrábění. Obvod pro spouštění druhého monostabilního multivibrátoru 59 je označen vztahovou značkou 61 a obsahuje svorku 62, spojenou s obráběcí mezerou pro snímání středního napětí v mezeře a Schmittův spouštěcí obvod 63, který rozlišuje střední napětí v mezeře od prahové hodnoty a když napětí v me-

zeře klesne pod tyto hodnoty, vydá spouštěcí signál pro multivibrátor 59 přes deváté hradlo 64 pro negaci součinu a deváté negační hradlo 65. První multivibrátor 58 začne svoji časovací operaci po uplynutí doby druhého monostabilního multivibrátoru 59. Na druhý vstup devátého hradla 64 pro negaci součinu je připojen první multivibrátor 58 pro udržování druhého multivibrátoru 59 v činnosti, zatím co první multivibrátor je v činnosti. Signály vytvořené na svorce 60 jsou přivedeny do kontrolního obvodu systému pro relativní pohyb elektrody, například na kontrolní cívky v hydraulickém servonapájecím systému pro nahrazení jakéhokoli servosignálu, který se pak vyvine.

Na obr. 3 jsou naznačeny tvarové průběhy, které vznikají v zapojení z obr. 2 a kde je amplituda vynesena na pořadnici v závislosti na čase, který je vynesena na úsečce. Tvarový průběh A představuje střední napětí v mezeře, která vzniká na svorce 62, tvarový průběh B představuje výstup Schmittova spoušťového obvodu 63, tvarový průběh C představuje výstup monostabilního multivibrátoru 59 a tvarový průběh D představuje výstup monostabilního multivibrátoru 58.

Předpokládá se, že tranzistory 56 a 57 jsou zapnuty odezvou na výstupu dekodéru 55 pro připravení obou multivibrátorů 58 a 59 pro činnost. Dále se předpokládá, že obráběcí elektroda byla vrácena od obráběného kusu. Potom se obráběcí elektroda přibližuje k obráběnému kusu pro zúžení mezery mezi nimi. V okamžiku t_1 je ukázán vznik prvního ze řady obráběcích elektrických výbojů. Výskyt elektrických výbojů bude z počátku řídký, avšak s dalším zmenšováním velikosti mezery jejich počet na jednotku času se blíží počtu impulsů přiváděných na obráběcí mezeru s výsledným postupným poklesem středního napětí v mezeře, jak je znázorněno. V okamžiku t_2 je znázorněno, že velikost mezery dosahuje optimální hodnoty, při které se má provádět obrábění a Schmittův spoušťový obvod 63 odezvou na zmenšení středního napětí v mezeře pod předem nastavenou hladinu je uveden v činnost pro vytvoření číslicového výstupu „1“, který překlopí druhý monostabilní multivibrátor 59 do činnosti. Předem nastavená časová konstanta v druhém multivibrátoru 59 určuje obráběcí čas nebo dobu trvání, ve které obráběcí elektroda a obráběný kus jsou udržovány v obráběcí poloze vedle sebe. V okamžiku t_3 po ukončení této doby trvání, zrušením činnosti druhého multivibrátoru 59 se překlápí první multivibrátor 58 do činnosti, čímž se na svorce 60 vytvoří signální impuls pro vytvoření obráběcí elektrody od obráběného kusu. V okamžiku t_4 je ukončen signální impuls pro vrácení elektrody, v kterémžto okamžiku nebo krátce po něm elek-

troda dosáhne své nejvzdálenější polohy. Servo signál pak umožní elektrodě, aby se automaticky znovu přiblížila k obráběnému kusu, čímž se umožní opakování výše uvedeného cyklu od okamžiku t_5 a stanovené doby trvání obrábění a znova začít v okamžiku t_6 . Časový interval mezi t_4 a t_5 nebo t_6 , který představuje čas potřebný pro automatické navrácení elektrody do obráběcí polohy servosignálem je, jak bude zřejmé, obecně úměrný délce nebo rozsahu vrácení elektrody, určenému časovým intervalem mezi okamžiky t_3 a t_4 . Může se však použít vhodného zařízení pro zmenšení nebo nezávislé nastavení časových intervalů t_4-t_5 nebo t_4-t_6 , takže časový úsek přerušení obrábění nebo zbývající část doby t_3-t_5 nebo t_3-t_6 se může zmenšit nebo regulovat podle potřeby.

Je samozřejmé, že použití výrazu „časový úsek přerušení obrábění“ nebo „zbývající obráběcí čas“ pro časový interval mezi okamžiky t_3 a t_5 zde přesto nebyl míněn, že by byla vyloučena možnost určitých elektrických výbojů obrábění, které by mohly nastat během tohoto časového intervalu. Ve skutečnosti, při použité délce vrácení od 0,01 do 0,02 mm, část přivedených elektrických impulsů může skutečně provést elektrické výboje na rozšířené mezeře během tohoto časového intervalu, i když opakovací kmitočet výbojů je pak prudce snížen.

Jak již bylo uvedeno, každý z deseti nastavovacích obvodů nebo stupňů, příslušně připojených na deset výstupů čtvrtého dekodéru 55, má stejnou konstrukci a způsob činnosti, jak bylo ukázáno a popsáno, s výjimkou časových nastavení multivibrátorů 58 a 59, které se liší pro každý nastavovací stupeň plynule nebo po přírůstcích pro vytvoření různých velikostí délky vrácení elektrody a trvání obrábění. Tak, v typickém příkladu, první multivibrátor 58 v n-tém nastavovacím stupni je určen pro vytvoření velikosti délky vrácení elektrody, která je větší o předem nastavenou část, než velikost vytvořená prvním multivibrátorem 58 (n-1)-ního stupně a menší o stejnou hodnotu nebo o odlišnou, předem nastavenou hodnotu, než velikost vytvořená (n+1)-ním stupněm, to jest jeho prvním multivibrátorem 58. Podobně, druhý multivibrátor 59 v n-tém nastavovacím stupni je určen pro nastavení velikosti trvání obrábění, to jest doby trvání, ve které elektroda a obráběný kus jsou drženy v přesné vzdálenosti v požadované obráběcí poloze, která je kratší o předem nastavenou hodnotu, než velikost nastavená druhým multivibrátorem 59 v (n-1)-ním stupni a delší o stejnou nebo odlišnou předem nastavenou hodnotu než druhým multivibrátorem 59 (n+1)-ního stupně.

Ačkoliv každý ze dvou multivibrátorů 58 a 59 pro nastavení času v každém nastavovacím stupni může být použit pro provede-

ní kontroly buď délky vracení elektrody nebo trvání obrábění postupně odezvou na nový snímací nebo povelový signál, bylo zjištěno, že je zvláště výhodné použít obou a kontrolovat tyto dva parametry současně a v kombinaci s každou kontrolou, způsobem, který byl popsán, a to tak, aby se zvětšovala délka vracení elektrody a zmenšovalo

Tabulka parametrů

Nastavovací výstupy	Trvání impulsu vracení ($t_3 - t_4$: ms)	Délka vracení (Jmenovitá hodnota : mm)	Trvání obrábění ($t_2 - t_3$: ms)
0	14	0,00	450
1	40	0,10	400
2	65	0,20	355
3	90	0,26	310
4	115	0,33	260
5	145	0,40	215
6	170	0,46	170
7	195	0,52	120
8	220	0,58	73
9	250	0,65	25

Časový interval mezi sousedními jednotlivými elektrickými výbojovými impulsy může být rovněž kontrolován podle vynálezu. V tomto případě impulsní generátor, který vytváří signální impulsy pro vytváření těchto výbojových impulsů, může být konstruován tak, aby měl odlišná časová nastavení, která se dají ovládat výstupy ze čtvrtého dekodéru **55** tak, aby poskytovala odlišné, předem nastavené velikosti časového intervalu v příslušném souhlasu s odlišnými signálovými hladinami, které měl první vratný kontrolní čítač **21**. Zde odlišná časová nastavení zařízení mohou každé obsahovat kondenzátor nebo odpor, který tvoří prvek pro určení času v něm, který se selektivně přepíná a uvádí v činnost v obvodu citlivém na odpovídající výstup čtvrtého dekodéru **55**, když je v prvním vratném čítači **21** nastavena jemu odpovídající signálová hladina.

Je třeba poznamenat, že vstup na svorce **3** na obr. 1b nemůže být omezen na impulsy týkající se vratného pohybu elektrody, o kterých byla zmínka dříve. Jako jejich alternativa, mohou vstupem na svorku **3** být signální impulsy žádoucího stavu, které jsou na výstupu druhého programového čítače **10**, které znamenají normální stav v mezeře. Použití signálních impulsů žádoucího stavu jako vstup do třetího a čtvrtého programového čítače **13** a **14** je zejména výhodné v tom případě, když je obráběcí parametr, který má být kontrolován, časový interval mezi sousedními jednotlivými vybijecími impulsy.

Příklad:

Jako obráběcí dielektrická kapalina byl použit petrolej a bez cirkulace, do něj byl

trvání obrábění jak se zvyšuje řadové číslo nastavovacího stupně. Bylo zjištěno, že to způsobuje účinně zamezení škody obloukem na obráběném kusu a elektrodě a udržuje obráběcí výkon na optimální úrovni. Příklad těchto nastavení parametrů je ukázán na následující tabulce:

vložen obráběný kus z materiálu S55C a byl obráběn pomocí elektrojiskrového obrábění za použití válcové měděné elektrody o průměru 20 mm. Impulsy elektrojiskrového obrábění, připojené mezi elektrodu a obráběný kus měly trvání impulsu 650 mikrosekund, impulsový interval nebo zbývající čas 90 mikrosekund a proudová amplituda při zkratovém proudu 70 ampér. Pro kontrolu bylo použito snímacího a kontrolního systému pro mezeru, obecně nazvaného a popsaného ve spojení s obr. 1a až obr. 3, během obráběcí operace, přerušovaného vracení nebo vratného pohybu elektrody vůči obráběnému kusu s deseti nastavovacími hladinami délky vracení a trvání obrábění mezi po sobě jdoucími vratnými cykly, znázorněnými na vpředu uvedené tabulce parametrů. Obr. 4 ukazuje výkon operace elektrojiskrového obrábění v grafické formě, kde čas je nanesen na úsečku a postup obrábění, představovaný hloubkou dutiny v mm, která byla vytvořena v obráběném kusu, znázorňuje plná čára, a změny signálových hladin, signály číslo 0 až 9, prvního vratného kontrolního čítače **21**, vlnité čáry, jsou naneseny podél pořadnice. Vztahová čísla v závorkách na grafu (1), (2), (3), (4), (5) ... označují průměrné nebo typické signálové hladiny prvního vratného čítače **21**, které, jak je ukázáno, jsou regulovány tak, aby postupně stupňovitě stoupaly s postupem obrábění.

Jak je zřejmé z grafu, obráběcí operace byla započata při prvním vratném kontrolním čítači **21** a druhém vratném referenčním čítači **33**, nastavenými oběma na začátku na nulovou hladinu a během doby od t_0 do t_1 druhý vratný referenční čítač **33** zůstal na signálové hladině 0. Během tohoto časového úseku je vidět, že jednotlivý

zvyšovací signál vznikl v prvním vratném čítači **21** čtyřikrát, jak je označeno vztahovou značkou P_1 , vždy působením prvního časovače **12** a k němu připojeného obvodu nenormálního stavu v obráběcí mezeře a přičemž každý zvyšovací signál přepíná nastavovací jednotku ze stupně 0 na stupeň 1 v tabulce parametrů. Po této změně při každém výskytu, je vidět, že signálová hladina se vrátila okamžitě na 0. To ukazuje, že jak plyne ze zvyšovacího signálu, nebyl sejmuto žádný další signál nenormálního stavu během doby, ve které třetí programový čítač **13** odpočítal osm po sobě následujících vratných pohybů elektrody. Krátce před okamžikem t_1 , je vidět, že první vratný čítač **21** zvedl svoji signálovou hladinu z 0 na 1 a z 0 na 2, dvěma kroky. Zvýšená hladina, označená vztahovou značkou P_2 , ukazuje, že pak okamžitě klesla na 0, avšak signálová hladina byla na to zvednuta opět na 1 v okamžiku t_1 . Stoupnutí ukazuje, že byl sejmuto nenormální stav v mezeře během doby, ve které druhý časovač **10** byl v činnosti. Tedy, referenční hladina, signálová hladina druhého vratného referenčního čítače **33** se také zvedla na 1.

V druhém kroku (1), je ukázáno, že signálová hladina klesla na 0 u vztahové značky P_3 . To představuje skutečnost, že čtvrtý programový čítač **14** odpočítal 128 sousledných vracení elektrody, a že nebyl zaznamenán žádný singál o nenormálním stavu v mezeře mezitím, což způsobilo pokles referenční hladiny na 0. Signálová hladina prvního vratného kontrolního čítače **21** také klesla na 0 následkem skutečnosti, že třetí programový čítač **13** odpočítal 8 po sobě jdoucích vracení elektrody. Na grafu je ukázáno, že okamžitě za snížením hladiny na 0 nastalo zvýšení hladiny na 1 v signálových hladinách obou vratných čítačů **21** a **33**, což bylo způsobeno vznikem a záznamem nenormálního stavu v mezeře. Podobný pokles a zvýšení signálu nastal u vztahové značky P_4 a potom ještě dvakrát. Takový opakovaný přechodný pokles však má výhodu a je zde velmi význačný. To udržuje výkon obrábění na nejlepší možné úrovni odstraněním nepotřebného zvýšení signálu, které by jinak následovalo za určitých podmínek v mezeře, a které je jasné příčinou poklesu účinnosti obrábění. V duchu těchto úsilí, bude zřejmé, že u vztaho-

vé značky P_5 bylo nutné jedno zvýšení signálu v prvním vratném čítači **21** a následkem toho signálová hladina v druhém vratném referenčním čítači **33** byla zvýšena na 2. To znamená, že stabilní obrábění nemohlo být déle udrženo při signálové hladině 1.

Je třeba podotknout, že referenční čítač tvoří účinný a výhodný prostředek, který zajišťuje stabilní a přibližně postupný posuv podle požadavku, s postupem operace elektrojiskrového obrábění, podle požadavku signálové hladiny kontrolního čítače, tudíž, kontrolní hladiny zařízení pro nastavení parametru, aniž by hladina nadměrně kolísala nahoru a dolů, a z čehož plyne zvýšení účinku obrábění a obráběcí operace bez škody z tepelných obloukových výbojů, které poškozují obráběný kus i elektrodu.

I když vyobrazení zásad tohoto vynálezu byla vpředu provedena s ohledem na regulaci přechodného vratného pohybu obráběcí elektrody vůči obráběnému kusu, použitému pro odstranění obráběcích třísek a jiných produktů z oblasti mezery, elektrické zapojení podle vynálezu a jeho zásady se dají rovněž použít na kterýkoliv jeden nebo více jiných důležitých obráběcích parametrů, jako je například časový interval mezi sousedními obráběcími impulsy. Způsoby úpravy vynálezu a varianty znázorněných provedení na podobné jiné parametry jsou jasné pro odborníka.

Z předcházejícího popisu je zřejmé, že tento vynález poskytuje zlepšený regulační systém, kterým se reguluje obráběcí parametr takovým způsobem, aby se okamžitě odstranil nežádoucí stav pro obrábění, pokud se vytvořil a aby se zabránilo vzniku takového stavu, se způsobem kontinuální kontroly, přizpůsobováním se měnícímu se stavu v obráběcí mezeře a kontrolou stavu v mezeře jednotným a účinným způsobem. Zaslouhou jeho význaků vynález nejen, že zajišťuje zlepšený účinek obrábění, ale umožňuje provedení dané a požadované obráběcí operace na plně a kompletně automatické základně, bez nutnosti dohlížení operátorem, při současném zabránění přechodu obráběcího postupu na škodlivý tepelný oblouk a jiné škodlivé podmínky, bez poruchy a s požadovaným obráběcím výsledkem.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Elektrické zapojení pro regulaci parametru při elektrojiskrovém obrábění na obráběcím stroji pro elektrojiskrové obrábění, vyznačující se tím, že obsahuje vstupní obvod (I), jehož vstup je připojen na obráběcí mezeru (G) a jehož výstup je připojen na paměťový obvod (II), který je svým výstupem připojen na obvod (III) pro nastavení obráběcího parametru.

2. Elektrické zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že vstupní obvod (I) obsahuje první programový čítač (11), jehož vstupní svorka (2) je připojena na obráběcí mezeru (G).

3. Elektrické zapojení podle bodu 2, vyznačující se tím, že vstupní obvod (I) obsahuje druhý programový čítač (10), jehož vstupní svorka (1) je připojena na obráběcí mezeru (G) a jehož výstup je připojen na první programový čítač (11).

4. Elektrické zapojení podle bodů 2 nebo 3, vyznačující se tím, že vstupní obvod (I) obsahuje třetí programový čítač (13) připojený přes svorku (3) na zdroj impulsů.

5. Elektrické zapojení podle bodu 4, vyznačující se tím, že třetí programový čítač (13) je připojen na první programový čítač (11).

6. Elektrické zapojení podle bodu 5, vyznačující se tím, že zdroj impulsů připojený na svorku (3) je tvořen elektrickou obráběcí mezerou (G).

7. Elektrické zapojení podle bodu 6, vyznačující se tím, že třetí programový čítač (13) je jedním svým vstupem spojen se vstupem druhého programového čítače (10).

8. Elektrické zapojení podle bodu 4, vyznačující se tím, že zdroj impulsů je přes svorku (3) spojen s obráběcí mezerou (G).

9. Elektrické zapojení podle bodů 1 až 8, vyznačující se tím, že paměťový obvod (II)

obsahuje první vratný čítač (21), jehož první vstup (20) je spojen se vstupním obvodem (I) přes první hradlo (18) pro negaci součtu a jehož druhý vstup (24) je spojen se vstupním obvodem (I) přes třetí hradlo (25) pro negaci součinu.

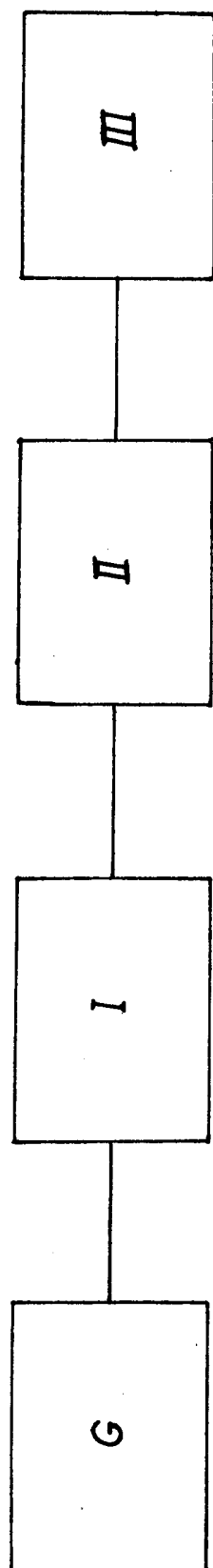
10. Elektrické zapojení podle bodu 9, vyznačující se tím, že paměťový obvod (II) obsahuje druhý vratný čítač (33) spojený s prvním vratným čítačem (21) přes komparátor (22) a se vstupním obvodem (I).

11. Elektrické zapojení podle bodu 10, vyznačující se tím, že první vstup (42) druhého vratného čítače (33) je spojen s druhým hradlovým obvodem (IV) vstupního obvodu (I), tvořeným sériovým zapojením třetího hradla (41) pro negaci součtu, pátého negačního hradla (35), šestého hradla (36) pro negaci součinu, šestého negačního hradla (37), třetího časovače (38) a sedmého hradla (39) pro negaci součinu, spojeným přes vstup šestého hradla (36) pro negaci součinu s druhým časovačem (40), který je spojen s komparátorem (22).

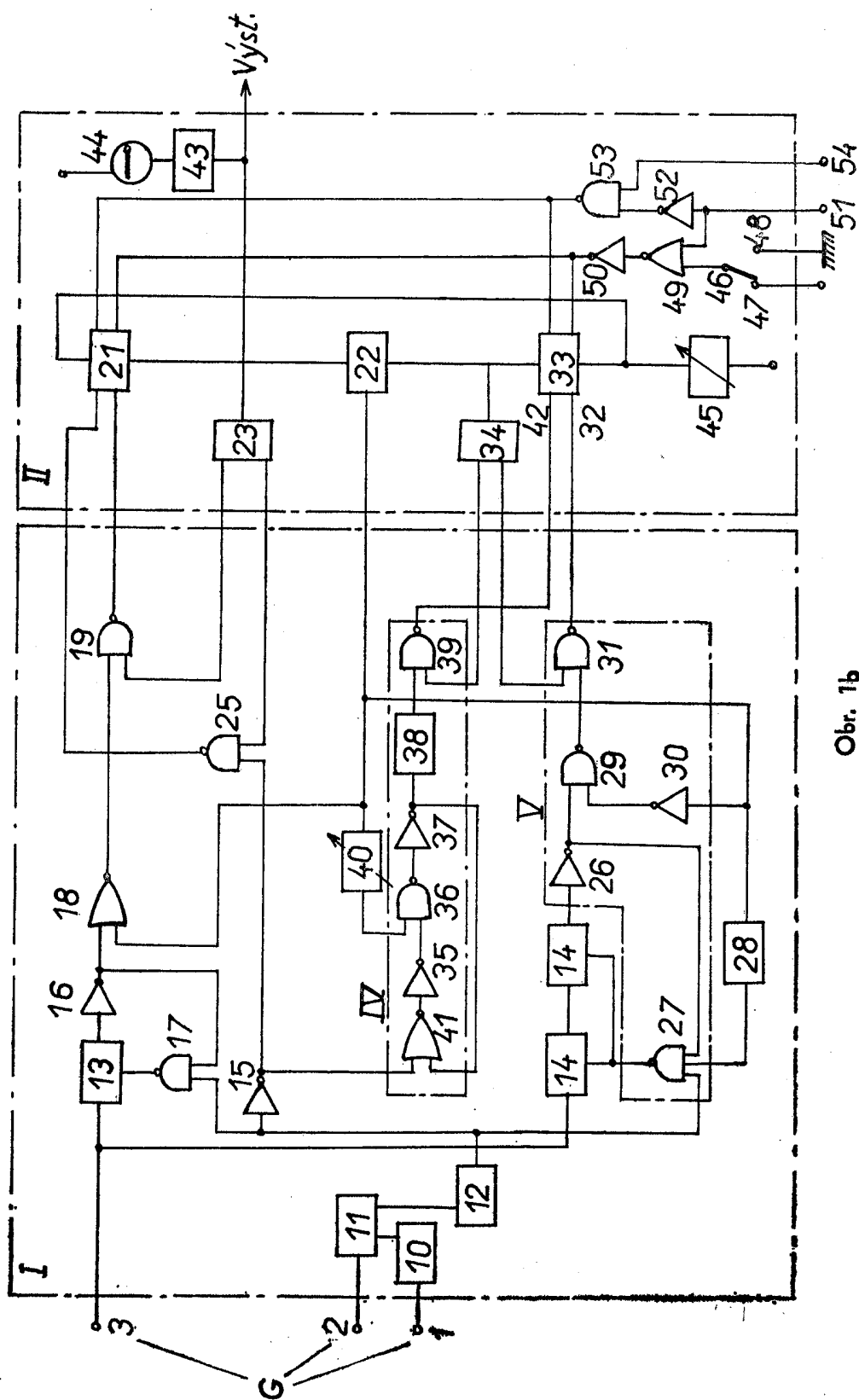
12. Elektrické zapojení podle bodu 10, vyznačující se tím, že druhý vstup (32) druhého vratného čítače (33) je spojen se třetím hradlovým obvodem (V) vstupního obvodu (I), tvořeným třetím negačním hradlem (26), čtvrtým hradlem (27) pro negaci součinu, druhým hradlem (29) pro negaci součtu, čtvrtým negačním hradlem (30) a pátým hradlem (31) pro negaci součinu, kterýžto třetí hradlový obvod (V) je spojen se čtvrtým časovačem (28), spojeným s komparátorem (22).

13. Elektrické zapojení podle bodu 12, vyznačující se tím, že čtvrtý časovač (28) je spojen se čtvrtým programovým čítačem (14), jehož vstup je spojen se vstupem třetího programového čítače (13).

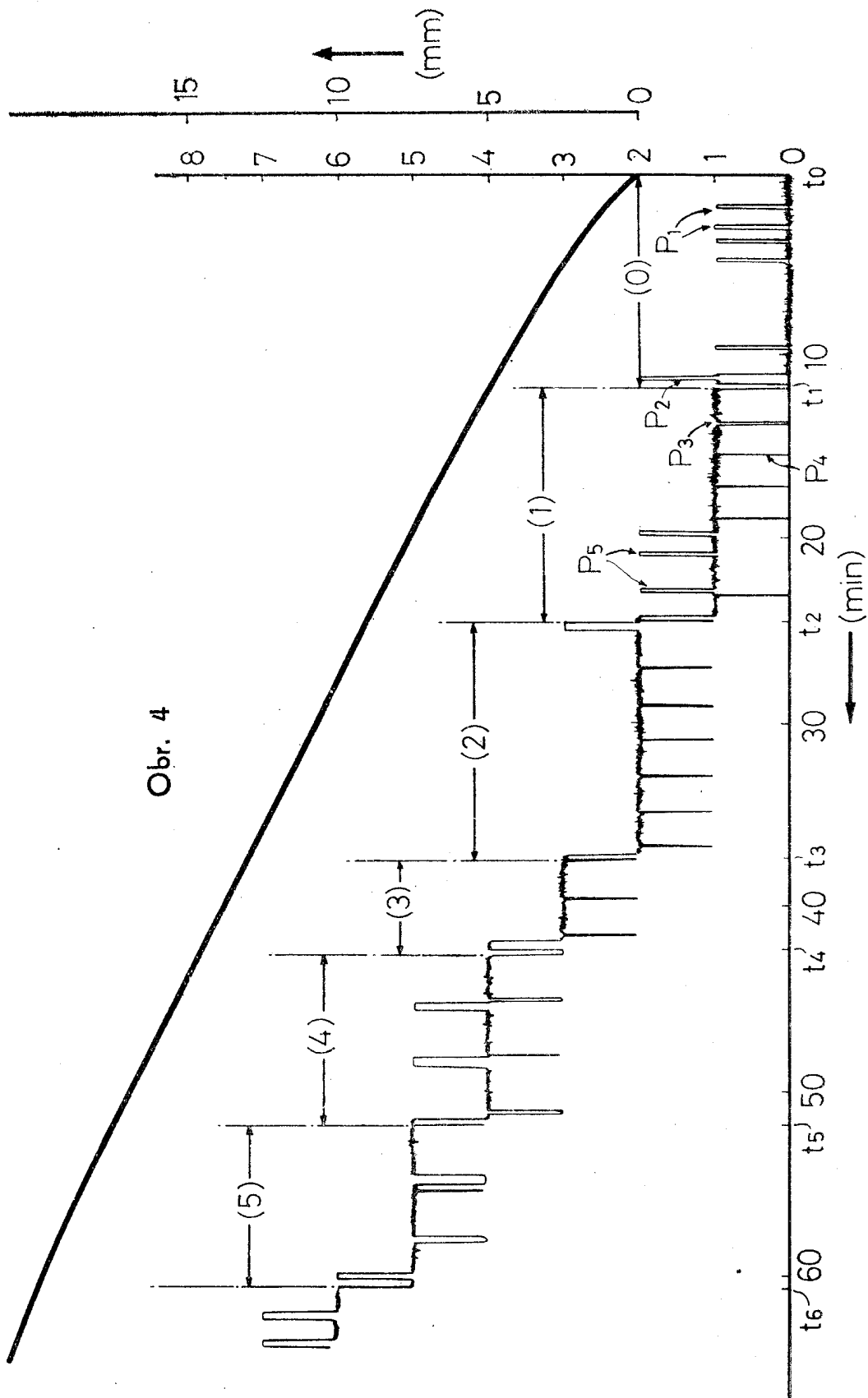
4 listy výkresů



Obr. 1a



Obr. 1b



Obr. 4