



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

215087

(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 23 P 1/08

- (22) Přihlášeno 04 12 74
(21) (PV 8296-74)
(32) (31)(33) Právo přednosti od 23 05 74
(23145/1974) Velká Británie
(40) Zveřejněno 30 10 81
(45) Vydáno 15 12 84

- (72) Autor vynálezu TAYLOR PETER LAURENCE, STANTON ANTHONY HOWARD, WETHERBY
(Velká Británie)
(73) Majitel patentu FRIEDRICH DECKEL AKTIENGESSELLSCHAFT, MNICHOV (NSR)

(54) Zapojení obvodu pro kontrolu průběhu obrábění erosi elektrickou jiskrou

1

Vynález se týká zapojení obvodu pro kontrolu obrábění erosi elektrickou jiskrou u strojů, pracujících s erosi elektrickou jiskrou, s logickým obvodem pro rozeznávání chybného výboje ze současného výskytu nebo nepřítomnosti určitých elektrických charakteristických veličin ve vybíjecím obvodu, příkladně z nepřítomnosti vysokofrekvenční složky v napětí výboje při současné existenci pracovního napětí a pracovního proudu jako kritéria pro škodlivý stav oblouku, jakož i ústrojím pro krátkodobé přerušování obráběcího pochodu při výskytu takových chybných výbojů.

Problém u moderních strojů pracujících s erosi jiskrou je rozeznat výskyt chybných výbojů každého druhu před tím, než došlo k poškození obrobku nebo nástroje. K tomuto účelu byly navrženy detekční obvody, které při výskytu určitých kritérií, vyznačujících chybný stav, vydávají chybový signál, jehož pak může být užito pro indikaci chyby nebo i jako řídicího signálu pro odstranění této chyby (DE - OS 2 125 749). Tyto detekční obvody snímají zpravidla určité hodnoty elektrického stavu v pracovní štěrbině. K tomu se obzvláště hodí velikost pracovního proudu a pracovního napětí, jakož i existence nebo nepřítomnost vysokofrekvenční složky, superponované k proudu resp. napětí, která se především hodí k vyznačování stavu oblouku, jelikož při všech stavech oblouku mizí, zatímco proud a napětí obecně nevykazují žádné zřetelné odchylky od svých normálních pracovních hodnot.

Tímto způsobem je v zásadě možné, použít stroj též například v nekontrolovaném provozu. Jelikož je však i pravděpodobnost selhání detekčního obvodu a tím nebezpečí poškození drahých obrobků ještě poměrně značná, jsou v mnoha případech použity, například při obrábění lopatek turbin pro letecké motory, požadována přídatná bezpečnostní opatření pro provoz stroje, pracujícího s erosi jiskrou. Obyklou cestou ke zvýšení provozní bezpečnosti je redundantní provedení důležitých konstrukčních součástí. Vícenásobné provedení výše popsaného detekčního obvodu je však velmi nákladné a drahé.

215087

Úkolem vynálezu je navrhnout zařízení výše uvedeného druhu, u něhož je pomocí jednoduchých prostředků a bez vícenásobného provedení detekčního obvodu dosaženo značného zvýšení provozní bezpečnosti.

Tento úkol je podle vynálezu vyřešen tím, že zapojení je opatřeno vstupním ústrojím pro libovolné zavádění zkušebních signálů, simulujících chybné výboje, do vybíjecího obvodu. Při správně pracujícím detekčním obvodu reaguje stroj nejprve jako na pravou chybu, tj. generuje chybový signál. Pomocí přídavné informace, která udává, že se v případě chyby jedná o chybu simulovanou, je chybový signál zpracován v signál zkušební, který indikuje správnou funkci detekčního obvodu a slouží jako příkaz k pokračování obráběcího pochodu. V nepřítomnosti chybového signálu i přes zavedení simulované chyby následuje zkušební signál, jehož je užito ke spuštění varovné indikace, pro zastavení stroje nebo podobně.

Vstupním ústrojím může být podle vynálezu dvoupólový spínač, který zavádí do detekčního obvodu signály, odpovídající pracovnímu proudu a pracovnímu napětí při výskytu skutečné chyby.

Pro rozlišení simulované chyby od pravé chyby je vstupní ústrojí podle vynálezu spojeno s logickým monitorovým obvodem. Tento obvod zjišťuje, je-li do pracovní šterbiny přiváděna energie z generátoru, příkladně měření výkonu, proudu nebo napětí na výstupu generátoru, a vytváří odpovídající signál. Tento signál je společně s přídavným signálem, vytvářeným při vstupu chybového signálu dalším spínačem, zpracováván ve výše popsaný zkušební signál. Je-li přídavný signál přítomen a je-li přerušen přívod energie od generátoru, pracuje detekční obvod správně a obráběcí pochod může opět pokračovat. Ustane-li však přívod energie z generátoru, pak detekční obvod nepozoroval - simulovanou - chybu, z čehož lze usuzovat na defektní detektor a což má za následek odpovídající varování nebo konečně vypnutí stroje.

Podle toho je v podstatě úkolem monitorového obvodu vyhodnocovat různé kombinace dvou signálů, totiž signálů, které udávají, je-li simulována chyba nebo ne a pracuje-li generátor nebo ne. Tento úkol může být podle dalšího znaku vynálezu vyřešen tím, že monitorový obvod sestává příkladně ze součtového hradla, spojeného s integrátorem. Součtové hradlo porovnává oba vstupující signály a vytváří z nich popsaným způsobem signál nový. Úkolem integrátoru je nejprve shromáždit řadu zkušebních signálů a teprve po dalším trvání zjištěné poruchy detektoru po určitou dobu vyslat signál pro uvedení varovné indikace v činnost resp. pro vypnutí stroje.

Celé popsané vstupní ústrojí s monitorovým obvodem může být z hlediska konstrukce provedeno velmi jednoduše, takže jeho vlastní spolehlivost je mnohem vyšší než spolehlivost detekčního obvodu a tudíž je celková spolehlivost značně vyšší než při zdvojení detekčního obvodu.

Zavádění simulovaných chybových signálů může být prováděno automaticky prostřednictvím generátoru signálů za účelem oproštění obsluhující osoby od tohoto úkolu, zejména z hlediska nekontrolovaného provozu. Zavádění může probíhat v pravidelných intervalech nebo i v rámci náhodného rozdělení v rozdílných intervalech, takže nemůže probíhat synchronně s pravidelně se opakující chybou a zůstat tímto způsobem nezjištěno. Jako účelný časový interval se například osvědčilo rozmezí od 1 do 5 sekund.

Příklad provedení vynálezu je znázorněn na výkrese a blíže popsán v následujícím textu. Vynález je přitom znázorněn na detekčním obvodu pro rozeznávání stavu elektrického oblouku, přičemž jako kritérií pro zjišťování stavu obrábění je užíváno proudu a napětí v pracovní šterbině, jakož i výskytu vysokofrekvenční složky v pracovním napětí. Na výkresech znázorňuje: obr. 1a až 1c různé tvary průběhu napětí v pracovní šterbině při běhu naprázdno, normálním provozním stavu a při oblouku; obr. 2 blokové schéma detekčního obvodu se vstupním ústrojím a monitorovým obvodem; obr. 3 schéma zapojení hornopropustného

filtru F podle obr. 2; obr. 4a až 4c různé tvary průběhu napětí na výstupu hornopropustného filtru při běhu naprázdno, normálním provozním stavu a při oblouku.

Obr. 1a až 1c znázorňují typické průběhy vybíjecího napětí diskretních požadovaných stavů na dráze jiskry mezi nástrojovou elektrodou a obrobkem pro různé stavy. Jak je patrné ze srovnání, je vybíjecí napětí při dobrém provozním stavu (obr. 1b) obecně nižší než při běhu naprázdno (obr. 1a), avšak poněkud vyšší než napětí, které lze zaznamenat při výskytu oblouku (obr. 1c).

Napěťový rozdíl mezi napětím a při oblouku a napětím dobrého provozního stavu je však příliš malý, než aby mohl indikovat, existuje-li v rámci širokého rozmezí pracovních podmínek dobrý provozní stav, který je nutný pro obrábění obrobku požadovaným způsobem.

Jak bylo uvedeno výše, je zjišťována přítomnost nebo nepřítomnost vysokofrekvenční složky, jak je zde definována, v dráze vybíjení mezi nástrojovou elektrodou a obrobkem. Současně je kontrolována intenzita proudu ve vybíjecí dráze. Při současném výskytu pracovního napětí a pracovního proudu, jakož i nepřítomnosti vysokofrekvenční složky dochází k výskytu oblouku.

Kontrola je s výhodou prováděna prostřednictvím komparačního obvodu.

Aby nedocházelo k záměně oblouku se zkratem, jak byl definován v předcházejícím textu, je ke komparačnímu obvodu C přiváděn třetí signál, který indikuje zkratový stav.

U obvodu, znázorněného schematicky na obr. 2, je vybíjecí napětí nebo vybíjecí proud veden v místě W hornopropustným filtrem F, jehož jeden příklad provedení je znázorněn na obr. 3. Výstup tohoto filtračního obvodu F je zesilován zesilovačem A a jako první vstupní signál přiváděn ke komparačnímu obvodu C. Ukázalo se obzvláště účelným, obsahuje-li zesilovač A frekvenčně-napěťový měnič, který je sycen vysokofrekvenční složkou, takže tímto způsobem je spolehlivě vytvářen signál, odpovídající logické "1". Druhý vstup komparačního obvodu C je odvozen od detektoru vybíjecího proudu nebo měřicího ústrojí CD. Na základě diskretního a individuálního charakteru výbojů vykazují tyto oba vstupy komparačního obvodu C sled impulsů. Pak může být účelně zesilovač A vysokofrekvenční složky vybíjecího napětí konstruován tak, aby poskytoval sled impulsů, vyskytují-li se dobré provozní stavy, a sice současně se sledem impulsů, které představují proudový signál detektoru CD.

V tomto případě může komparační obvod plnit funkci logického součinu, takže v případě dobrých provozních stavů vykazuje jeho výstup též sled impulsů. Jakmile se však vyskytne elektrický oblouk, nejsou od hornopropustného filtru F přiváděny ke komparačnímu obvodu C žádné impulsy, takže neexistuje žádný výstupní signál komparačního obvodu C. Tento nulový výstup může být vhodným způsobem zjišťován, příkladně prostřednictvím zpožďovacího nebo integračního ústrojí. Jeho užívání známým způsobem, příkladně k propouštění signálu ke generátoru G, který pak vyvolává přerušování přívodu energie k vybíjecí dráze během předem stanoveného časového intervalu.

Volitelně může vstup komparačního obvodu C od zesilovacího obvodu A vykazovat v nepřítomnosti vysokofrekvenční složky signál logické "1", příkladně nad 1,5 MHz ve vybíjecím napětí nebo vybíjecím proudu, jakož i signál logické "0", je-li vysokofrekvenční složka přítomna. To se nechá nejlépe dosáhnout tím, že se logicky obrátí výše uvedený logický výstup obvodu A. Proudový signál z detektoru CD může pak, jak bylo dříve popsáno, vykazovat signál logické "1", jehož počátek a konec prakticky splývá s počátkem a koncem každého jednotlivého provozního průběhu. Jinak se jedná o logickou "0", přičemž komparační obvod C který opět působí jako součinový obvod, může být konstruován tak, aby poskytoval každému z obou vstupů výstupní signál jen po reakci na současný vstupní signál. Toto uspořádání by pak poskytovalo výstupní signál komparačního obvodu C, avšak jen tehdy, nastal-li stav elektrického oblouku (za předpokladu, že nemůže dojít k záměně s žádným jiným stavem,

viz dále dole). Takového výstupního signálu může být pak užito k řízení spínacího ústrojí a přerušování přívodu energie k vybíjecí dráze.

Ke zpětnému stahování nástrojové elektrody může být též uveden do provozu servosystém

Zkratový stav lze eliminovat tím, že se ke komparačnímu obvodu $\underline{C}$ přivádí třetí vstupní signál od obvodu $\underline{S}$ pro stanovení zkratu. Tento obvod poskytuje v případě existence zkratového stavu logickou "0" a jinak logickou "1".

Lze snadno nahlédnout, že způsob funkce komparačního obvodu $\underline{C}$ může být funkcí součinového hradla, součtového hradla nebo kombinace obou, podle požadavků. Proto poskytuje výše popsaný řídicí obvod indikaci oblouku, takže proces elektroerose může být řízen nebo modifikován tak, že je při výskytu oblouku prakticky ihned přerušen, a sice přerušením požadovaných provozních výbojů. Toto přerušování může trvat 0,5 sekund, takže běžný servosystém, pokud se nejedná o stejnosměrný servosystém, může stáhnout elektrodu zpět. Samotné zpětné stažení způsobí dostatečné promíchání splachovací kapaliny, čímž se zvýší odstruskování do té míry, že je odstraněna příčina oblouku.

Detektor $\underline{S}$ zkratu je s výhodou konstruován a uspořádán tak, aby přerušoval přívod energie k vybíjecí dráze, pokud zjistí zkrat. Tímto způsobem lze provádět zpětné zatažení nástrojové elektrody při řízení servosystému. Dostane-li obvykle krátká reakční doba (8 milisekund) na zkratový stav přednost před delší reakční dobou (0,5 sekund) na stav oblouku, příkladně při aplikaci jednoho z výše popsaných způsobů rozlišení mezi oběma těmito stavy, pak je dosaženo časové úspory, která může být u mnoha aplikací mimořádně důležitá, pokud například dochází k výskytu zkratových stavů 100krát častěji než k výskytu stavů oblouku.

V některých případech může být řídicí obvod zapojen selektivně, aby jedním určitým ze tří způsobů reagoval na zjištění stavů oblouku a současně zkratových stavů a rozlišoval mezi nimi, totiž tím, že

- a) na ně reaguje rozdílným způsobem,
- b) reaguje jen na dřívější a
- c) reaguje jen na pozdější.

Tímto způsobem může být specifickým způsobem upuštěno od použití stávajících zvláštních řídicích ústrojí nebo mohou být tato ústrojí doplněna za účelem zjišťování zkratového stavu.

Hornopropustný filtr podle obr. 3 je konstruován na základě volby konstrukčních součástí a způsobu propojení tak, aby blokoval všechny kmitočty, nižší než 1,5 MHz. Dále je opatřen dvěma diodami $\underline{D1}$, $\underline{D2}$ za účelem omezení výstupního napětí na předem stanovenou maximální hodnotu, příkladně na 1 V, zejména z hlediska špičkových hodnot při zapínání možná 80 V a špiček při vypínání v hodnotě několika desítek V. Tímto způsobem nabývá výstupní průběh hornopropustného filtru tvaru, znázorněného na obr. 4b, při výskytu dobrých provozních stavů, a tvarů, znázorněných na obr. 4a a 4c, při existenci běhu naprázdno a oblouků. Signál, propouštěný za obou posledně jmenovaných podmínek, má jen příležitostně ostré špičky, které mohou být velmi snadno rozlišovány, příkladně prostřednictvím omezovače napětí a integračního ústrojí nebo nějakého jiného zpožďovacího obvodu, a sice od mnohem déle trvajících vysokofrekvenčních impulsů, které jsou propouštěny při dobrých provozních stavech.

Zapojení podle obr. 2 dále vykazuje hodinové ústrojí, aby bylo možno pomocí vstupního ústrojí $\underline{T1}$, $\underline{T2}$, tvořeného taktovanými spínači, a spínače $\underline{T3}$ přivádět signály, které simulují přítomnost oblouku, přesněji řečeno stav logické "1" u $\underline{T1}$ a stav logické "0" u $\underline{T2}$. Výrazy logická "1" a logická "0" se týkají dvou různých logických stavů signálu, příkladně dvou napětí, která se od sebe liší o 12 V.

Jsou-li taktované spínače, tvořící vstupní ústrojí T_1 , T_2 , uzavřeny, jsou k vlastnímu detekčnímu obvodu přiváděny signály, mající stejnou hodnotu jako signály, které by obvod zjistil, kdyby nastal stav oblouku. Obvod by měl příkladně reagovat tím, že přeruší přívod energie k dráze výboje.

To lze přezkoušet tím, že se zjišťuje, ustane-li přívod energie k dráze výboje poté, co byly taktované spínače, tvořící vstupní ústrojí T_1 , T_2 , uzavřeny. Je však výhodné tento pochod automatizovat. K tomuto účelu slouží spínač T_3 . Začíná-li generátor G vytvářet výboj, je přes vyrovnávací síť M a inverzní hradlo G_1 přiváděn odpovídající signál k hlavnímu součtovému hradlu G_2 s invertovaným výstupem.

Normálně přijímá druhý vstup hradla G_2 signál logické "1" přes odpor R . Je-li však uzavřen spínač T_3 , je na tento druhý vstup hradla G_2 veden signál logické "0". Je-li tedy generátor G ještě zapnut a vyrábí-li požadované výboje poté, co bylo dosaženo testovacího stavu uzavřením spínačů, tvořících vstupní ústrojí T_1 , T_2 , a spínače T_3 , pak je na každém vstupu hradla G_2 přítomen signál logické "0" a z výstupu tohoto hradla je k integrátoru I veden signál logické "1". Není-li přerušen přívod energie k dráze výboje před uplynutím předem stanoveného časového intervalu, je tím přiveden signál logické "1" k integrátoru I během časového intervalu, který je postačující k tomu, aby integrátor I vytvořil výstupní signál, který vypne generátor G . Toho je dosahováno pomocí neznázorněného hlavního spínače, přičemž je rovněž vyvoláván poplach, který může být optického a/nebo akustického druhu. Pokud však pracuje vlastní detekční obvod správně, pak ustane přívod energie ke dráze výboje ve velmi krátké době a pak opět začne. To může být normální přerušení, které je příkladně při výskytu oblouku poněkud kratší než 0,5 sekund. S výhodou je však navrženo mnohem kratší, a sice za účelem přezkoušení prostřednictvím přemodulovací složky, která přívod energie k dráze výboje opět zapne po uplynutí několika málo milisekund.

V případě obvodů podle obr. 2 je dávana přednost použití obvodu COSMOS, který je příkladně popsán v různých příručkách firmy Radio Corporation of America, a sice vzhledem k jeho značné necitlivosti proti šumům. Tento obvod příkladně nereaguje na 6 V šumy, avšak na signály o hodnotě 12 V. Je-li užito této logiky COSMOS ve spojení s elektromagnetickým relé, které má větší počet kontaktů, pak se ukáže nezbytným použít zpožďovacího ústrojí. Toto ústrojí slouží k tomu, aby zabráňovalo reakci logiky COSMOS před přepnutím všech spínačů relé a aby tímto způsobem indikovala nesprávný stav oblouku. Zpožďovací ústrojí může být účelně též konstruováno tak, že plní funkci hodin integrátoru I .

Pod pojmem nástrojová elektroda budiž v předchozím textu rozuměn například brusný kotouč, přičemž k výboji elektrické energie dochází mezi tímto kotoučem a obrobkem.

PŘEDMĚT VÝNÁLEZU

1. Zapojení obvodu pro kontrolu průběhu obrábění erodí elektrickou jiskrou u strojů, pracujících s erodí elektrickou jiskrou, s logickým obvodem pro rozeznávání chybného výboje za současného výskytu nebo nepřítomnosti určitých elektrických charakteristických veličin ve vybíjecím obvodu, příkladně z nepřítomnosti vysokofrekvenční složky v napětí výboje při současné existenci pracovního napětí a pracovního proudu jako kritéria pro škodlivý stav oblouku, jakož i ústrojím pro krátkodobé přerušování obráběcího pochodu při výskytu takových chybných výbojů, vyznačené tím, že je opatřeno vstupním ústrojím (T_1 , T_2) pro zavádění zkušebních signálů, simulujících chybné výboje, do vybíjecího obvodu.

2. Zapojení obvodu podle bodu 1, vyznačené tím, že vstupním ústrojím (T_1 , T_2) je dvupólový spínač.

3. Zapojení obvodu podle bodů 1 a 2, vyznačené tím, že vstupní ústrojí (T_1 , T_2) je spojeno s logickým monitorovým obvodem.

4. Zapojení obvodu podle bodu 3, vyznačené tím, že monitorový obvod sestává příkladně ze součtového hradla (G_2), spojeného s integrátorem (I).

2 listy výkresů

215087

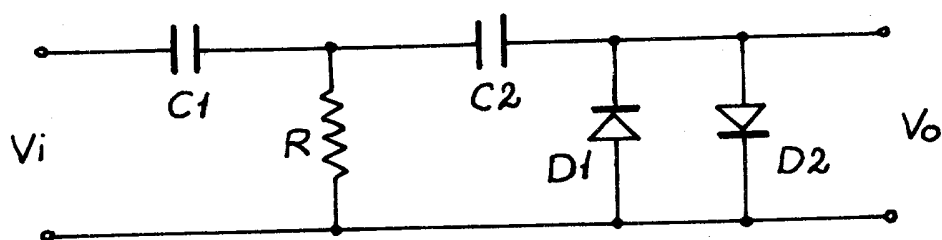
Obr. 1a



Obr. 1b



Obr. 1c



Obr. 3

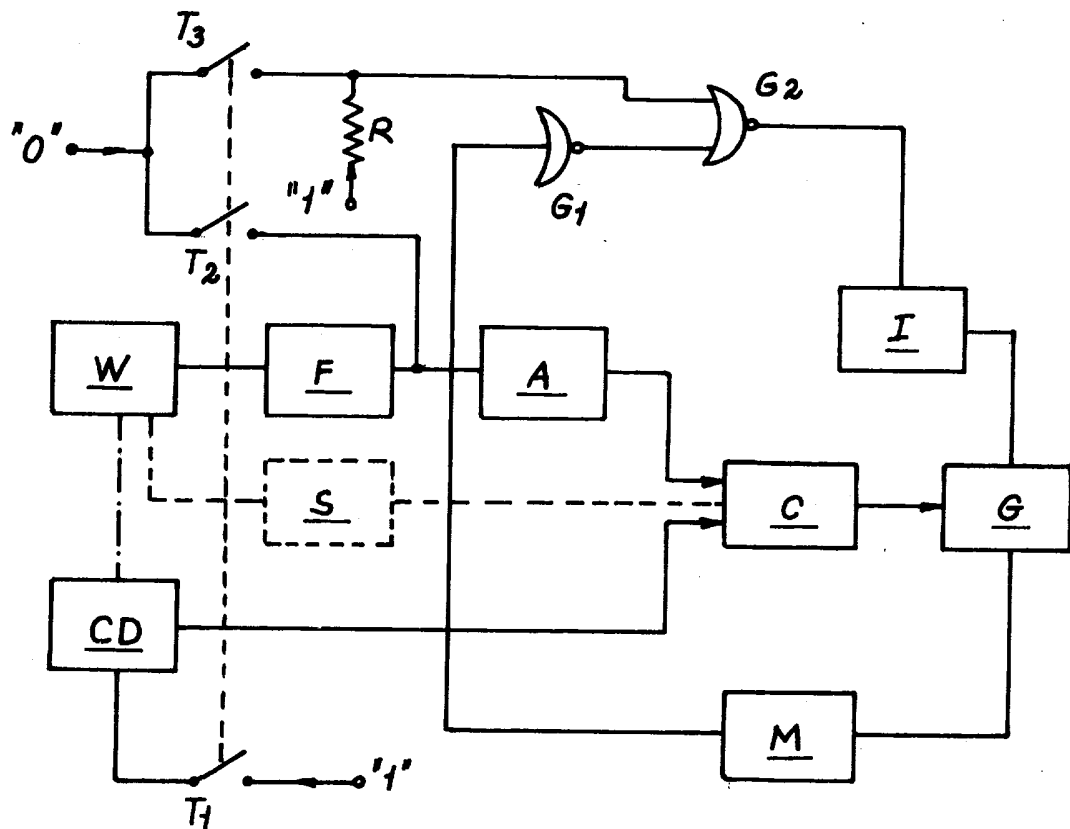
Obr. 4a



Obr. 4b



Obr. 4c



Obr. 2