

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 211 706 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
21.06.2006 Bulletin 2006/25

(51) Int Cl.:
H01H 33/90 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **01410154.7**

(22) Date de dépôt: **27.11.2001**

(54) **Appareillage de coupure électrique haute tension à double mouvement**

Hochspannungsschaltgerät mit Doppelbewegung

High tension switchgear with double movement

(84) Etats contractants désignés:
CH DE IT LI SE

(30) Priorité: **30.11.2000 FR 0015525**

(43) Date de publication de la demande:
05.06.2002 Bulletin 2002/23

(73) Titulaire: **VA TECH Transmission & Distribution
SA
38000 Grenoble (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Chareyron, Vincent,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**
• **Chevrier, Pierre,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**

- **Gaudart, Georges,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**
- **Jaillet, Fabrice,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**
- **Toyoda, Mitsuru,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**
- **Vinatier, Michel,
Schneider Electric Ind. SA
38050 Grenoble cedex 09 (FR)**

(74) Mandataire: **Kügele, Bernhard et al
Novagraaf International SA,
25, avenue du Pailly
1220 Les Avanchets - Geneva (CH)**

(56) Documents cités:
EP-A- 0 313 813 EP-A- 0 809 269
FR-A- 2 491 675 FR-A- 2 762 925

EP 1 211 706 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] L'invention est relative à un appareillage électrique de coupure haute tension à double mouvement des contacts.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] On connaît des appareillages de coupure en charge, interrupteurs, sectionneurs ou disjoncteurs, pour haute tension et en particulier pour très haute tension, comprenant deux contacts alignés séparables et un mécanisme de commande provoquant le déplacement en translation d'un des contacts par rapport à l'autre.

[0003] Il a été proposé dans le document FR 1 448 854 de prévoir deux contacts mobiles en translation dans une enceinte étanche. Un premier contact est entraîné par un mécanisme de commande et est muni d'un moyen d'entraînement du deuxième contact, pour provoquer un déplacement uniforme des deux contacts au début de la course d'ouverture, de sorte que les contacts ne se séparent pas immédiatement. Des moyens de déverrouillage positif provoquent la désolidarisation des deux contacts en un endroit prédéterminé de leur course et un ressort de rappel entraîne le deuxième contact vers sa position originelle pendant que le premier contact poursuit sa course après la séparation des deux contacts. Un tel dispositif offre l'avantage d'accroître la vitesse de séparation des contacts pour une course de séparation donnée, de manière à rapidement allonger l'arc électrique naissant entre les contacts au moment de leur séparation. Mais elle nécessite un mécanisme d'entraînement puissant, puisque celui-ci doit prendre en charge, au début de la course d'ouverture, la compression du ressort de rappel. De plus, la course du deuxième contact après la séparation est totalement indépendante de celle du premier contact, puisqu'il n'existe plus de liaison mécanique entre les contacts au-delà de la position de séparation. En cas de dysfonctionnement du mécanisme de rappel du deuxième contact vers sa position de repos, il peut arriver que le deuxième contact reste coincé dans sa position intermédiaire de désolidarisation, alors que le premier contact se trouve entraîné par le mécanisme de commande d'entraînement jusqu'à sa position ouverte. Dans ce cas, le mécanisme de commande d'entraînement indique une position de sectionnement, alors qu'en fait la distance de sectionnement n'est pas respectée.

[0004] Dans le document US 3 896 282 est décrit un appareillage de coupure électrique comprenant une enveloppe étanche remplie de gaz diélectrique. Un premier et un second contacts mobiles sont positionnés dans l'enveloppe et sont normalement engagés l'un dans l'autre pour permettre le passage du courant. Pour ouvrir les contacts et interrompre le courant, un mécanisme à bielles et manivelle permet d'entraîner simultanément les

deux contacts dans des directions opposées par rapport à l'enveloppe, avec des vitesses égales. La vitesse de séparation est plus importante que dans les appareillages de coupure ne permettant le mouvement que d'un des deux contacts. De plus, le mécanisme à bielle et manivelle assure à tout moment une liaison mécanique entre le premier et le deuxième contact de sorte que la position du deuxième contact est toujours liée à la position du premier contact et à celle du mécanisme d'entraînement. Toutefois, la puissance nécessaire, notamment au début de l'ouverture, est importante car il est nécessaire d'entraîner à tout moment les deux masses mobiles constituées par les deux contacts. De plus, ce dispositif ne comporte pas de contacts d'arc, ce qui le rend inapplicable à des appareillages de performances élevées. Enfin, les bielles du mécanisme de renvoi posent un problème d'encombrement à l'intérieur de l'enveloppe étanche.

[0005] Dans le document EP 313 813 est décrit un interrupteur électrique haute tension comprenant une enveloppe étanche remplie d'un gaz diélectrique et renfermant un organe de contact mobile et un organe de contact fixe. L'organe de contact mobile comporte un contact permanent et un contact d'arc solidaires l'un de l'autre, ainsi qu'une tuyère en matériau isolant fixée au contact permanent. L'organe de contact mobile est entraîné axialement en translation dans l'enveloppe par un mécanisme d'entraînement. L'organe de contact fixe comporte un contact permanent qui est fixe par rapport à l'enveloppe, et un contact d'arc coulissant axialement dans un contact glissant faisant la liaison électrique avec le contact permanent fixe. Un mécanisme de transmission à pignon et crémaillère permet de transmettre au contact d'arc coulissant de l'organe de contact fixe, le mouvement de translation de l'organe de contact mobile. Le contact d'arc de l'organe de contact fixe a une forme tubulaire de sorte que lorsque l'interrupteur est fermé, le contact d'arc de l'organe de contact mobile pénètre profondément dans le contact d'arc de l'organe de contact fixe. Lors de l'ouverture de l'interrupteur, le contact permanent mobile se sépare du contact permanent fixe avant que les contacts d'arc ne se séparent. Lorsque intervient la séparation des contacts d'arc, ceux-ci sont entraînés l'un par rapport à l'autre avec une vitesse qui est le double de la vitesse du contact permanent mobile par rapport au contact permanent fixe. Ce dispositif permet de limiter la masse en mouvement, puisque l'un des contacts permanents reste fixe par rapport à l'enveloppe. Toutefois, il nécessite un mécanisme d'entraînement ayant une grande course, puisque la distance de sectionnement entre les contacts permanents en position ouverte est obtenue uniquement par le déplacement du contact permanent mobile.

[0006] Dans le document DE 196 31 323 est décrit un appareillage dérivé des précédents. L'interrupteur comporte un premier organe de contact et un deuxième organe de contact. Le premier organe de contact comporte un contact permanent, un contact d'arc et une tuyère en

matériau isolant formant un ensemble monobloc mu directement par un mécanisme d'entraînement. Le deuxième organe de contact comporte un contact permanent et un contact d'arc solidaires l'un de l'autre. Le mouvement du contact d'arc du premier organe de contact est transmis au deuxième organe de contact par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission comportant un levier d'inversion de mouvement, une première bielle articulée sur la tuyère et sur le levier, et une deuxième bielle articulée au deuxième organe de contact et au levier. Lors de l'ouverture de l'interrupteur, les contacts d'arc se séparent avec des vitesses opposées, dont les modules sont égaux. La masse en mouvement est importante puisqu'elle inclut les deux contacts d'arc et les deux contacts permanents. Le mécanisme d'entraînement doit être dimensionné en conséquence. L'un des essais de coupure critiques est un essai de coupure de courant capacitif de faible intensité. Pour couper de tels courants, la distance entre les contacts d'arc doit croître très rapidement à partir de leur séparation, alors que pour couper les courants de court-circuit, il suffit d'atteindre une distance entre contact en moins d'une demi-période du courant, et d'attendre le passage du courant par zéro. Le dispositif ne permet pas une optimisation de l'énergie cinétique dans ce cas.

[0007] Dans le document US 5 578 806 est décrit un interrupteur comportant un premier organe de contact et un deuxième organe de contact. Le premier organe de contact comporte un contact permanent, un contact d'arc et une tuyère en matériau isolant formant un ensemble monobloc mû directement par un mécanisme d'entraînement. Le deuxième organe de contact comporte un contact permanent et un contact d'arc solidaires l'un de l'autre. Le mouvement du contact d'arc du premier organe de contact est transmis au deuxième organe de contact par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission comportant une roue dentée de transmission, une crémaillère solidaire de la tuyère et engrenant avec la roue dentée, et une bielle articulée d'une part en un point de la circonférence de la roue et d'autre part sur le deuxième organe de contact. Le mécanisme de transmission est non linéaire, ce qui permet d'imposer au deuxième organe de contact une vitesse faible en début de mouvement, lors de la séparation des contacts permanents, de faire croître rapidement la vitesse lorsque les contacts d'arc se séparent, puis de ralentir la vitesse en fin de course d'ouverture. Il devient ainsi possible de couper les courants capacitifs sans dépenser une énergie motrice trop importante. Toutefois, le dispositif ne permet pas d'optimiser l'énergie cinétique du système.

[0008] Dans le document EP 809 269 est décrit un appareillage comportant un premier organe de contact constitué d'un contact permanent, d'un contact d'arc et d'une tuyère isolante formant un ensemble monobloc entraîné directement par un mécanisme d'entraînement, et un deuxième organe de contact comportant un contact permanent fixe, un contact d'arc et un écran diélectrique. Un mécanisme de transmission relie la tuyère au contact

d'arc du deuxième organe de contact. Ce mécanisme de transmission comporte un levier d'inversion de mouvement, une bielle reliant le levier au contact d'arc et une tringle fixée à la tuyère et coulissant dans une rainure rectiligne du levier. Le mécanisme de transmission est non linéaire au sens où le rapport entre la vitesse de la tuyère et la vitesse du contact d'arc du deuxième organe de contact n'est pas constant. Toutefois, durant toute la course d'ouverture, la vitesse de la tuyère reste très supérieure à la vitesse du contact d'arc du deuxième organe de contact, alors que la masse en mouvement solidaire de la tuyère, qui comprend également le premier organe de contact, est bien supérieure à la masse en mouvement solidaire du contact d'arc du deuxième organe de contact. Globalement, l'énergie cinétique du mécanisme n'est pas optimisée durant l'ouverture.

[0009] Dans le document FR 2 491 675 est décrit un disjoncteur du type à auto-soufflage et auto-compression comportant un premier organe de contact constitué d'un contact permanent, d'un contact d'arc et d'une tuyère isolante formant un ensemble monobloc entraîné directement par un mécanisme d'entraînement, et un deuxième organe de contact comportant un contact permanent fixe et un contact d'arc. Un mécanisme de transmission relie la tuyère au contact d'arc du deuxième organe de contact. Le premier organe de contact forme un cylindre s'ouvrant vers la tuyère par des conduits de faible diamètre, et fermé du côté opposé par un piston fixe, de manière à constituer une chambre de soufflage de volume variable. Lorsque le premier organe de contact se déplace, le piston pénètre dans la chambre de soufflage et le volume de la chambre diminue. Au début de l'ouverture, tant que le deuxième contact d'arc bouche l'orifice de la tuyère, le mouvement du premier organe de contact provoque une augmentation de la pression dans la chambre de soufflage. Dès que les contacts d'arc se séparent, le deuxième contact d'arc libère l'orifice de la tuyère. Le volume de la chambre de soufflage continue à se réduire et les gaz s'échappent de la chambre de soufflage par l'orifice, contribuant à éteindre l'arc naissant entre les contacts d'arc. Dans le cas d'une ouverture sur un fort courant, le soufflage doit impérativement se poursuivre afin d'amener continûment vers l'arc les gaz relativement frais contenus dans la chambre de soufflage, et ceci jusqu'à extinction de l'arc. En d'autres termes, l'action du piston est nécessaire durant tout le mouvement d'ouverture. La vitesse du premier organe de contact par rapport au piston doit donc être suffisante pour que la pression dans la chambre de soufflage reste supérieure à la pression au niveau de la tuyère. Dans ce document, il a été proposé de mettre en oeuvre un mécanisme de transmission donnant au contact portant la tuyère une vitesse inférieure ou égale à la vitesse du contact ne portant pas la tuyère, afin de diminuer l'énergie cinétique du système. Le rapport des vitesses reste constant durant la course d'ouverture, ce qui est bien adapté au besoin de ce type de disjoncteur, et notamment à la nécessité de souffler continûment en comprimant la chambre de soufflage. Par

contre, l'enseignement de ce document est difficilement transposable à un disjoncteur comportant un piston de compression. Dans ce cas en effet, il est nécessaire d'obtenir une vitesse du piston élevée d'une part en début de course d'ouverture pour augmenter rapidement la pression dans la chambre d'expansion d'arc, et d'autre part en fin de course d'ouverture, pour souffler plus efficacement l'arc. Comme le piston est habituellement solidaire du contact supportant la tuyère, c'est lui qui impose la vitesse de la tuyère.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0010] L'invention vise donc remédier aux inconvénients de l'état de la technique, de manière à proposer un appareillage de coupure haute tension à effet de compression, qui soit performant et qui permette d'obtenir une ouverture rapide et fiable, dans un volume restreint et avec une énergie de manoeuvre réduite.

[0011] Selon l'invention, cet objectif est atteint grâce à un appareillage électrique de coupure en charge haute tension comportant, à l'intérieur d'une enceinte étanche remplie d'un gaz à haute tenue diélectrique et définissant un axe géométrique de référence :

- un support fixe délimitant un volume de compression,
- un premier organe de contact mobile par rapport au support et comportant :
 - un premier contact permanent,
 - une tuyère en matériau électriquement isolant, solidaire du premier contact permanent,
 - un piston solidaire du premier contact permanent et coulissant dans le support, de manière à délimiter avec la tuyère un volume d'expansion d'arc, et à séparer le volume d'expansion d'arc du volume de compression, le piston étant muni d'une soupape de refoulement du volume de compression vers le volume d'expansion d'arc, qui s'ouvre lorsque le volume de compression est en surpression par rapport au volume d'expansion d'arc,
 - un premier contact d'arc solidaire du premier contact permanent et faisant saillie à l'intérieur du volume d'expansion d'arc ;
- un deuxième organe de contact comportant un deuxième contact permanent et un deuxième contact d'arc mobile par rapport à l'enceinte ;
- un mécanisme d'entraînement pour entraîner le premier organe de contact d'une position fermée à une position ouverte avec un mouvement de translation axiale le long de l'axe de référence, en passant par une position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts permanents P_2 dans laquelle les premier et deuxième contacts permanents perdent contact l'un avec l'autre, et en passant par une po-

sition fugitive de séparation des premier et deuxième contacts d'arc P_3 dans laquelle les premier et deuxième contacts d'arc perdent contact l'un avec l'autre, située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts permanents P_2 et la position ouverte ;

- un mécanisme de transmission constituant une liaison cinématique permanente entre la tuyère et le deuxième contact d'arc pour transmettre un mouvement de la tuyère au deuxième contact d'arc,

le mécanisme de transmission étant tel que lorsque le premier organe de contact se déplace axialement dans un sens avec une vitesse ayant un module V_1 , le deuxième contact d'arc se déplace en translation suivant l'axe de référence en sens opposé avec une vitesse ayant un module V_2 qui est dans un rapport V_2/V_1 avec le module V_1 , le rapport V_2/V_1 étant variable en fonction de la position du premier organe de contact par rapport à l'enceinte de telle manière que :

- le rapport V_2/V_1 reste inférieur à une valeur de 0,5 tant que le premier organe de contact se trouve entre la position fermée et une première position indexée P_1 située entre la position fermée et la position fugitive de séparation du premier et du deuxième contact d'arc P_3 ,
- le rapport V_2/V_1 passe par une valeur maximale supérieure à 1 lorsque le premier organe de contact passe par une deuxième position fugitive indexée P_5 située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts permanents P_2 et la position ouverte,
- le rapport V_2/V_1 reste inférieur à une valeur de 0,5 tant que le premier organe de contact se trouve entre une troisième position indexée P_7 située entre la deuxième position indexée P_5 et la position ouverte d'une part, et la position ouverte d'autre part.

[0012] La fiabilité du dispositif tient au fait que la liaison cinématique assurée par le mécanisme de transmission est permanente, de sorte que la position du premier organe de contact et la position du mécanisme de manoeuvre donnent une image fidèle de la position du deuxième contact d'arc.

[0013] Le rapport de vitesses imposé entre la position fermée et la première position fugitive indexée permet d'accélérer rapidement le premier organe de contact, qui est le plus lourd, au tout début de l'ouverture, avant la séparation des contacts d'arc. Elle permet donc de consacrer toute l'énergie disponible à l'entraînement du piston, qui travaille pour comprimer le gaz contenu dans le volume de compression. Dès que la pression dans le volume de compression augmente, la soupape de refoulement s'ouvre, permettant également la montée en pression du volume d'expansion d'arc. Lorsque a lieu la séparation des contacts d'arc, la pression dans le volume d'expansion d'arc est déjà élevée, ce qui est favorable

pour la coupure des courants capacitifs. En effet, on sait que la tension disruptive entre deux électrodes portées à des potentiels différents dans un milieu gazeux donné, c'est-à-dire la tension minimale nécessaire pour qu'apparaisse un arc électrique entre les électrodes dans le milieu gazeux considéré, est une fonction du produit de la pression du gaz par la distance séparant les électrodes, donnée par la loi de Paschen, et qu'au-delà d'une valeur minimale, cette fonction croît avec le produit de la pression par la distance. En augmentant la pression dans le volume d'expansion, on augmente donc la tension disruptive et l'on évite le claquage d'un arc entre les contacts d'arc.

[0014] Le rapport de vitesses imposé lors du passage du premier organe de contact par la deuxième position fugitive indexée permet de diminuer notablement l'énergie de l'ensemble mobile à un moment où la vitesse acquise par le piston est suffisante et où il est utile d'augmenter rapidement la distance séparant les contacts d'arc. En effet, si l'on considère d'une part un premier équipage mobile constitué par les masses en mouvement solidaires du premier contact, et d'autre part un deuxième équipage mobile constitué par les masses en mouvement solidaires du deuxième contact d'arc, on constate que le premier équipage mobile a une masse M_1 plus élevée que la masse M_2 du deuxième équipage mobile. Ceci s'explique par le fait que le premier contact est solidaire d'une part de la tuyère et d'autre part d'une partie du mécanisme de commande d'entraînement. En imposant à la vitesse V_2 du deuxième contact de dépasser la vitesse V_1 du premier contact, on réduit l'énergie cinétique de l'ensemble de la masse mobile. On obtient ainsi une vitesse de séparation $V_1 + V_2$ avec un très bon rendement énergétique. Cette disposition est particulièrement intéressante pour éviter un claquage d'arc dans le cas d'un essai de coupure de courants capacitifs.

[0015] Le rapport de vitesses imposé lors du passage du premier organe de contact par la troisième position fugitive indexée permet de consacrer de nouveau toute l'énergie cinétique disponible en fin de course d'ouverture au premier organe de contact lié au piston, de manière à favoriser le soufflage de l'arc au niveau de la tuyère, ce qui est important pour couper les courants de surcharge, et permet en outre de remplacer par des gaz frais et propres les gaz échauffés et salis lors de la coupure.

[0016] Préférentiellement, la deuxième position indexée P_5 est située entre la position fugitive de séparation du premier et du deuxième contact d'arc P_3 et la position ouverte. Ce choix permet de précisément optimiser l'énergie cinétique du dispositif à l'endroit de la course des contacts choisi pour l'extinction des arcs liés aux courants capacitifs.

[0017] Préférentiellement, la valeur maximale est supérieure à 1,5. L'augmentation de la vitesse relative des contacts d'arc est ainsi encore plus favorisée.

[0018] Préférentiellement, le deuxième organe de contact permanent et le deuxième organe de contact d'arc

sont solidaires l'un de l'autre. Certes, cette solution a pour effet d'augmenter globalement la masse en mouvement du système, par rapport à une solution où seul le deuxième contact d'arc serait mobile. Toutefois, il apparaît que ce supplément de masse mobile n'est pas néfaste eu égard aux effets recherchés. En effet, le meilleur rendement du mécanisme est obtenu pour un rapport de vitesses V_2/V_1 égal au rapport des masses des équipages mobiles de part et d'autre du mécanisme de transmission. Si la masse M_2 de l'équipage mobile du deuxième organe de contact est très faible, le rapport M_1/M_2 sera très élevé, et il deviendra difficile en pratique de réaliser un mécanisme de transmission dont la structure soit simple et qui assure un tel rapport de transmission maximal, tout en assurant des valeurs faibles du rapport de transmission en début et en fin de course.

[0019] Avantageusement, le premier organe de contact et la tuyère forment ensemble un premier équipage mobile de masse M_1 , le deuxième organe de contact permanent et le deuxième organe de contact d'arc forment un deuxième équipage mobile de masse M_2 et lorsque le premier organe de contact passe par la première position fugitive indexée, le rapport de vitesses vérifie la relation :

$$0,8 \frac{M_1}{M_2} \leq \frac{V_2}{V_1} \leq 1,2 \frac{M_1}{M_2}.$$

[0020] On a intérêt à ce que le maximum du rapport V_2/V_1 soit aussi proche que possible du rapport M_1 sur M_2 , afin de minimiser l'énergie cinétique du système dans la phase d'éloignement rapide des contacts d'arc. De manière optimale, lorsque le premier organe de contact passe par la première position fugitive indexée, le rapport de vitesses vérifie la relation :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{M_1}{M_2}.$$

[0021] Selon un mode de réalisation, le mécanisme de transmission comporte :

- une came pivotant autour d'un axe géométrique fixe par rapport à l'enceinte et comportant une piste curviligne,
- un coulisseau solidaire du deuxième contact d'arc et coopérant avec la piste, et
- un bielle articulée sur la came et sur une pièce solidaire de la tuyère.

[0022] En choisissant opportunément la forme de la piste curviligne, il est possible d'obtenir très simplement les rapports de vitesse recherchés pendant la course

d'ouverture et de fermeture.

[0023] Selon un autre mode de réalisation, le mécanisme de transmission comporte ;

- une came pivotant autour d'un axe géométrique fixe par rapport à l'enceinte et comportant une première piste curviligne et une deuxième piste curviligne,
- un premier coulisseau solidaire du deuxième contact d'arc et coopérant avec la première piste, et
- une tringle solidaire de la tuyère et comportant un deuxième coulisseau coopérant avec la deuxième piste.

[0024] Ce mécanisme a l'avantage de permettre le cas échéant un guidage rectiligne de la tringle.

[0025] Avantageusement, la tuyère comporte un col formant un premier chemin de circulation de gaz du volume d'expansion d'arc vers un volume de détente à l'intérieur de l'enceinte, ce premier chemin étant est fermé au moins partiellement par le deuxième contact d'arc tant que le premier organe de contact se trouve entre la position fermée et une quatrième position fugitive indexée P_6 située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts d'arc P_3 et la position ouverte.

[0026] Préférentiellement, l'appareillage comporte un deuxième chemin de circulation de gaz entre le volume d'expansion et le volume de détente de l'enceinte, muni d'une soupape de retardement qui reste fermée tant que le premier organe de contact se trouve entre la position fermée et une cinquième position indexée P_4 , située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts d'arc P_3 et la position ouverte. Les deux chemins de circulation de gaz sont en concurrence, ce qui permet d'accroître le débit de soufflage du gaz. La soupape permet de précisément déterminer le début de l'ouverture de ce chemin de circulation de gaz, après la séparation des contacts d'arc. L'intervalle de temps s'écoulant entre la séparation des contacts d'arc et l'ouverture de la soupape, est mis à profit pour poursuivre la montée en pression dans le volume d'expansion provoquée conjointement par le piston et de l'arc tiré entre les contacts d'arc à leur séparation. Avantageusement, la quatrième position indexée P_6 est située entre la cinquième position indexée P_4 et la position ouverte. En d'autres termes, l'ouverture du deuxième chemin précède l'ouverture du premier chemin lors de la séquence d'ouverture du mécanisme. Préférentiellement, la deuxième position indexée P_5 est située à proximité de la quatrième position indexée P_6 et de la cinquième position indexée P_4 .

[0027] Selon un mode de réalisation préférentiel, le premier contact d'arc comporte un tube et le chemin de circulation de gaz passe par ce tube.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0028] D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de

modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique d'ensemble d'un disjoncteur selon un premier mode de réalisation de l'invention, en position ouverte ;
- la figure 2 représente une partie haute du disjoncteur de la figure 1 en coupe axiale en position ouverte ;
- la figure 3 représente une partie basse du disjoncteur de la figure 1 en coupe axiale en position ouverte ;
- la figure 4 représente une partie haute du disjoncteur de la figure 1 en coupe axiale en position fermée ;
- la figure 5 représente une partie basse du disjoncteur de la figure 1 en coupe axiale en position fermée ;
- la figure 6 représente un diagramme où sont portées différentes courbes de vitesse en fonction de la position d'un organe de contact ;
- la figure 7 représente un détail d'un second mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0029] En référence aux figures 1 à 5, un disjoncteur haute tension, en l'espèce un disjoncteur destiné à des tensions dépassant 36kV, immergé dans une enceinte 10 remplie d'un gaz à haute tenue diélectrique, par exemple de l'hexafluorure de soufre SF_6 et comportant un premier organe de contact 12 mû par un mécanisme de manoeuvre 14, une tuyère 16 solidaire du premier organe de contact 12 et un deuxième organe de contact 18 relié cinématiquement à la tuyère 16 par l'intermédiaire d'un mécanisme de transmission du mouvement 20. L'enceinte 10 permet de définir un axe géométrique de référence fixe 22, qui constitue un axe de translation pour les parties mobiles.

[0030] Le premier organe de contact 12, visible en détails sur les figures 2 et 4, est composé d'un contact permanent tubulaire cylindrique 24 et d'un contact d'arc 26 disposé coaxialement à l'intérieur du contact permanent 24. Le contact d'arc 26 est également tubulaire et est pourvu à son extrémité libre d'une pince d'embrochage 28 composée de doigts de contact disposés en corolle. Le contact permanent 24 est quant à lui pourvu d'une plage d'embrochage cylindrique d'extrémité 30 permettant sa coopération avec le deuxième organe de contact 18. Le contact d'arc 26 et le contact permanent 24 sont solidaires l'un de l'autre et entraînés conjointement par le mécanisme de manoeuvre 14.

[0031] La tuyère 16 est constituée par une pièce en matériau isolant permettant un dégazage en présence d'un arc électrique, par exemple en téflon. Elle est fixée sur une surface interne du contact permanent 24 et s'interpose entre la plage d'embrochage cylindrique d'extrémité 30 du contact permanent et la pince 28 du contact d'arc. La tuyère forme un col 32 séparant deux chambres 34, 36.

[0032] La plage d'embrochage d'extrémité 30 du contact permanent 24 se prolonge par une surface périphérique extérieure cylindrique d'une paroi de contact glissant 38 qui coulisse axialement à l'intérieur d'un collecteur cylindrique 40 fixe par rapport à l'enceinte 10 servant de support et de guidage à l'organe de contact 12, le collecteur 40 étant muni d'une bague de contact glissant 41 assurant le contact électrique entre le contact permanent 24 et le collecteur 40 lors de la translation du contact permanent 24. Le collecteur cylindrique 40 délimite un volume de compression intérieur 42 hermétiquement fermé par une culasse 44. Le contact permanent 24 est muni, à son extrémité axiale pénétrant dans le collecteur 40, d'un piston 46 qui sépare le volume de compression 42 d'un volume d'expansion d'arc 48 délimité radialement par la paroi cylindrique 38 du contact permanent 24 et, à son extrémité axiale opposée au piston 46, par la tuyère 16. Le piston 46 est pourvu d'une soupape de refoulement 50 s'ouvrant dès que le volume de compression 42 est en surpression par rapport au volume d'expansion d'arc 48. Le piston 46 est solidaire du contact permanent 24 et du contact d'arc 26 et assure un chemin de courant entre le contact permanent 24 et le contact d'arc 26. Le contact d'arc 26 forme un tube 52 qui traverse le piston 46 et la culasse 44, et fait saillie à l'intérieur d'un volume 54 de détente délimitée par l'enceinte étanche 10. Le volume de détente 54 occupe tout l'espace disponible dans l'enceinte, jusqu'au chambrage 36. L'extrémité du tube 52 est fixée à une tige 56 constituant l'organe de sortie du mécanisme d'entraînement 14. Des ouvertures latérales 58 sont pratiquées à l'extrémité du tube 52, de sorte qu'est réalisé un chemin de circulation de gaz 60 entre le volume d'expansion d'arc 48 et le volume de détente 54, passant par l'intérieur du tube 52. Toutefois, un manchon d'obturation 61 solidaire de la culasse 44 faisant office de soupape de retardement, recouvre hermétiquement les ouvertures 58 dans la position fermée représentée sur la figure 4.

[0033] La culasse 44 est pourvue d'un clapet de remplissage 62 et d'un clapet de vidange 64. Le clapet de remplissage 62 assure la communication du volume de détente 54 vers le volume de compression 42, lorsque le volume de compression 42 se trouve en dépression par rapport au volume de détente 54. Le clapet de vidange 64 assure la communication du volume de compression 42 vers le volume de détente 54, lorsque la différence de pression entre le volume de compression 42 et le volume de détente 54 est supérieure à un seuil de vidange déterminé par un ressort de rappel 66 du clapet 64.

[0034] Le deuxième organe de contact 18, visible en détails sur les figures 3 et 5, est constitué d'un deuxième contact permanent 70 et d'un deuxième contact d'arc 72 solidaires l'un de l'autre. Le contact permanent 70 est formé par une pièce métallique tubulaire ajourée, dont une extrémité libre est pourvue d'une pince de contact 74 en forme de corolle. Le contact permanent 70 coulisse axialement dans un collecteur fixe 74 muni d'un contact

glissant 76 assurant le contact électrique entre le contact permanent 70 et le collecteur 74 lors de la translation du contact permanent 74. Le deuxième contact d'arc 72 forme un doigt métallique 78 au diamètre intérieur du col de la tuyère, prolongé par une tige métallique 80. Le contact d'arc 72 et le contact permanent 70 sont fixés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'une barre diamétrale 82 assurant également le passage du courant entre les deux contacts 70, 72.

[0035] Le mécanisme de transmission du mouvement 20 est composé d'une came pivotante de renvoi 84 coopérant avec une extrémité axiale de la tige 80 du contact d'arc 72 et avec une biellette de transmission 86. La came 84 pivote autour d'un axe géométrique de pivotement fixe 89, perpendiculaire à l'axe de référence 22. La biellette 86 est articulée sur la came 84 et sur une couronne 88 emmanchée à une extrémité axiale de la tuyère 16. L'extrémité axiale du contact d'arc 72 est pourvue d'un galet 90 ayant fonction de coulisseau et coopérant avec une piste constituée par une rainure curviligne 92 en forme de serpe, pratiquée dans la came 84. Un ressort de rappel de fin de course 94 rappelle la barre 82 et le deuxième organe de contact 18 vers la position fermée.

[0036] L'appareillage fonctionne de la manière suivante.

[0037] En position fermée, sur les figures 4 et 5, la pince 74 du deuxième contact permanent 70 enserré la périphérie extérieure 30 du premier contact permanent 24 et assure un chemin de courant passant par le premier collecteur 40, le contact glissant 41, le premier contact permanent 24, la pince 74, le deuxième contact permanent 70, le contact glissant 76 et le deuxième collecteur 76. Le doigt 78 formant l'extrémité du deuxième contact d'arc 72 pénètre profondément dans le premier contact d'arc 26 et bouche le tube 52. La pince 28 du premier contact d'arc 26 enserré le doigt 78 et forme un deuxième chemin de courant entre le premier et le deuxième collecteurs. Le doigt 78 bouche l'extrémité du tube 52 constitué par le contact d'arc 26, de sorte que la colonne de gaz contenue dans le tube 52 est obturée. Le doigt 78 occupe également tout l'espace intérieur du col 32, de sorte qu'il ferme également à ce niveau au moins partiellement le volume d'expansion d'arc 48.

[0038] Lors de l'ouverture de l'appareil, le mécanisme de manoeuvre 14 entraîne le premier organe de contact 12 continûment et sans arrêt de la position fermée représentée sur les figures 4 et 5 à la position ouverte représentée sur les figures 1 à 3. Le mouvement du premier organe de contact 12 est transmis au deuxième organe de contact 18 par l'intermédiaire de la tuyère 16 et du mécanisme de transmission 20.

[0039] Afin de décrire plus précisément la cinématique de l'ouverture, on a représenté sur la figure 6 les courbes représentatives de la vitesse du premier organe de contact 12 (courbe A), de la vitesse du deuxième organe de contact 18 (courbe B), du rapport entre la vitesse du deuxième organe de contact 12 et la vitesse du premier organe de contact 18 (courbe C), en fonction du dépla-

gement du premier organe de contact 12 par rapport au collecteur 40, porté en abscisse.

[0040] La forme de la came 84 est telle que dans un premier temps, le deuxième organe de contact 18 reste pratiquement immobile, de sorte que toute l'énergie du mécanisme d'entraînement 14 sert à accélérer le premier organe de contact 12. En d'autres termes, si l'on considère le module V_1 de la vitesse du premier organe de contact 12 et le module V_2 de la vitesse du deuxième organe de contact 18, le rapport V_2 / V_1 est proche de zéro, et en tous cas inférieur à 0,5, tant que le premier organe de contact se trouve entre la position fermée et une première position fugitive indexée désignée par P_1 sur le diagramme. Au-delà de P_1 , le premier organe de contact 12 atteint une position P_2 de séparation des contacts permanents 24, 70, situé approximativement à 10% de sa course totale. La came 84 a pivoté de quelques degrés, de sorte que le rapport de transmission des vitesses V_2/V_1 augmente très rapidement pour dépasser 1. Lorsque le premier organe de contact 12 atteint une position P_3 dans laquelle il se sépare du deuxième contact d'arc 72, il a couvert environ 30% de la course d'ouverture, et le rapport de vitesses dépasse 1,5. La vitesse relative de séparation des contacts d'arc, qui vaut $V_1 + V_2$, est alors très élevée. Le rapport V_2 / V_1 reste supérieur à 1,5 pendant environ 0,5 à 3 ms, permettant une séparation très rapide des contacts d'arc 26, 72, et passe par un maximum lorsque le premier organe de contact atteint une position P_5 . Tant que le rapport de vitesses V_2 / V_1 reste supérieur à 1, on privilégie l'augmentation de vitesse de l'organe de contact le plus léger, à savoir le deuxième organe de contact 18, qui ne supporte pas la tuyère 16, par rapport au déplacement de l'organe de contact le plus lourd, à savoir le premier organe de contact 12. Ce parti pris permet, dans cette phase de séparation des contacts d'arc, de maximiser la vitesse relative $V_1 + V_2$ de l'ensemble mobile pour un travail mécanique global donné fourni par le mécanisme 14. En effet, si l'on considère un modèle simplifié du système mécanique considéré, la vitesse maximale est obtenue pour :

$$\frac{d(V_1 + V_2)}{dt} = 0, \text{ soit } dV_1 = -dV_2$$

En première approximation, le travail minimal est obtenu pour :

$$dW = M_1 V_1 dV_1 + M_2 V_2 dV_2 = 0$$

où M_1 est la masse des pièces en mouvement solidaires du premier organe de contact 12, c'est-à-dire en première approximation, la somme des masses du contact permanent 24, du contact d'arc 26, de la tige 56, de la tuyère 16 et de la couronne 88, et où M_2 est la masse des pièces en mouvement solidaires du deuxième organe de contact 18, à savoir le contact permanent 70, le contact d'arc 72 et la barre 82.

[0041] On obtient alors :

$$M_1 V_1 - M_2 V_2 = 0$$

soit encore

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

[0042] Ce modèle simplifié, qui ne tient pas compte des masses mobiles du mécanisme de transmission du mouvement, indique donc que l'on a intérêt, si l'on veut maximiser la vitesse relative $V_1 + V_2$ tout en minimisant l'énergie cinétique, à faire en sorte que le rapport des vitesses V_2 / V_1 soit proche du rapport M_1 / M_2 des masses mobiles des équipages mobiles du premier et du deuxième organe de contact. En pratique, la masse M_1 du premier équipage mobile, qui comprend également la tuyère, est toujours supérieure à la masse M_2 du deuxième équipage mobile. Le rapport M_1 / M_2 sera souvent relativement élevé, de l'ordre de 1,5 à 2, de sorte qu'il sera difficile d'obtenir un rapport V_2 / V_1 égal au rapport des masses. On se contentera donc d'un rapport V_2 / V_1 supérieur à 1,2 - ou mieux, supérieur à 1,5 - durant quelques millisecondes après la séparation des contacts d'arc.

[0043] La came de transmission 84 est conformée de telle manière que lorsque le premier organe de contact a franchi environ 50% de sa course d'ouverture, le rapport de vitesses V_2 / V_1 redevient inférieur à 1 et diminue rapidement. Lorsque le premier organe de contact passe par une position fugitive P_7 , le rapport de vitesses redevient inférieur à 0,5, pour s'annuler à environ 90% de la course d'ouverture.

[0044] Cette description purement cinématique de l'ouverture permet de distinguer différentes phases.

[0045] Le mouvement initial, en deçà de P_1 , permet d'affecter toute l'énergie délivrée par le mécanisme d'entraînement 14 au premier organe de contact 12 et d'amorcer ainsi rapidement un effet de pompage. En effet, dès que le mouvement du piston engendre une surpression du volume de compression 42 par rapport au volume d'expansion d'arc 48, la soupape de refoulement 50 s'ouvre et le gaz situé dans le volume de compression 42 commence à pénétrer dans le volume d'expansion d'arc 48. La pression dans le volume d'expansion d'arc 48 commence alors à augmenter puisque le doigt de contact 78 obture à la fois le chemin d'écoulement 60 par l'intérieur du tube 52 du contact d'arc et le chemin d'écoulement passant par le col 32.

[0046] Lorsque les contacts permanents 24, 70 se séparent, en P_2 , le chemin de courant passant par les contacts permanents 24, 70 est coupé. Toutefois, le chemin de courant secondaire passant par les contacts d'arc 26, 72 subsiste car le doigt 78 est encore partiellement embroché dans la pince 28, de sorte qu'aucun arc électrique n'est tiré entre les contacts permanents 24, 70 avant que ne soit atteinte la position P_3 de séparation des contacts d'arc. La pression dans le volume d'expansion d'arc 48 continue d'augmenter. A partir de la position P_3 , la suite

de l'ouverture dépend essentiellement du type de courant traversant le disjoncteur au moment de l'ouverture. On distinguera successivement l'ouverture sur un courant de court-circuit, l'ouverture sur un courant de surcharge et l'ouverture sur un courant capacitif.

[0047] Lorsque le disjoncteur s'ouvre sur un courant alternatif de court-circuit, un arc électrique très énergétique naît entre les contacts d'arc 26, 72 dès leur séparation et occupe tout l'espace disponible de sorte que la pression augmente considérablement dans le volume d'expansion d'arc 48. De plus, l'arc électrique provoque un dégazage du matériau gazogène de la tuyère 16, induisant une augmentation supplémentaire de la pression dans le volume d'expansion d'arc 48. Au moment de la séparation des contacts d'arc 26, 72, la soupape de retardement 61 recouvre encore les orifices 58, de sorte que le gaz est prisonnier dans le volume d'expansion d'arc 48, favorisant encore davantage la montée en pression. Après quelques centimètres de course supplémentaire, les orifices 58 arrivent à découvert au point P_4 de la courbe de la figure 6, et le gaz contenu dans le volume d'expansion s'échappe par l'intérieur du tube 52 du contact d'arc 26 vers le volume de détente 54. Dès que le contact d'arc 72 est descendu au-delà du col 32, en un point P_6 de la courbe de la figure 6, le doigt 78 qui bouchait jusque là le col, libère un autre chemin de circulation pour le gaz du volume d'expansion d'arc 48 vers le volume de détente 54, passant par le col 32. Ces échappements sont toutefois insuffisants pour diminuer notablement la pression dans le volume d'expansion d'arc 48 de sorte que la pression dans le volume d'expansion d'arc 48 dépasse la pression dans le volume de compression 42 et que la soupape de refoulement 50 se referme. Lorsque le mouvement d'ouverture se poursuit, le piston 46 comprime le gaz situé dans le volume de compression 42 jusqu'à atteindre le seuil de vidange, au-delà duquel le clapet de vidange 64 s'ouvre, permettant l'évacuation vers le volume de détente 54 du gaz retenu dans le volume de compression 42, de sorte que la poursuite du mouvement d'ouverture n'est pas entravée. L'arc s'éteint lors du passage du courant par zéro. Toutefois, la pression dans le volume d'expansion d'arc 48 ne diminue pas assez rapidement pour permettre de nouveau l'ouverture de la soupape de refoulement 50. Dans ce mode de fonctionnement, le volume d'expansion d'arc 48 et le volume de compression 42 restent donc séparés jusqu'à la fin de l'ouverture. Lorsque le premier organe de contact a franchi environ 50% de sa course d'ouverture, le rapport de vitesses V_2/V_1 redevient inférieur à 1 et diminue rapidement.

[0048] Lorsque le disjoncteur s'ouvre sur un courant alternatif de surcharge, un arc électrique énergétique naît entre les contacts d'arc dès leur séparation, à la position P_3 . Du fait de la pression élevée régnant dans le volume d'expansion d'arc 48 à la fin de la phase précédente, l'arc électrique est soumis à une constriction importante. De plus, le gaz comprimé offre une capacité calorifique

plus efficace des gaz chauds générés par l'arc électrique. L'arc électrique dégage une énergie importante, qui provoque un dégazage du matériau gazogène de la tuyère 16, induisant une augmentation supplémentaire de la pression dans le volume d'expansion d'arc 48, de sorte que la soupape de refoulement 50 se referme. L'échappement du gaz est différé jusqu'à l'ouverture des orifices 58, au point P_4 . Le gaz contenu dans le volume d'expansion s'échappe par l'intérieur du tube du contact d'arc vers le volume de détente. Dès que le contact d'arc est descendu au-delà du col, au delà du point P_6 , le gaz s'échappe également vers le bas de la tuyère 16. L'arc s'éteint lors du passage du courant par zéro. Si l'énergie dégagée par l'arc n'a pas été très importante, la pression dans le volume d'expansion d'arc 48 diminue rapidement, permettant la réouverture de la soupape de refoulement 50. Lorsque le premier organe de contact a franchi environ 50% de sa course d'ouverture, le rapport de vitesses V_2/V_1 redevient inférieur à 1 et diminue rapidement. Dans cette phase, l'énergie disponible du mécanisme d'entraînement 14 sert donc à accélérer de nouveau de manière privilégiée le premier organe de contact 12 et donc le mouvement du piston 46 dans le volume de compression 42. Des gaz frais et propres sont donc de nouveau dirigés du volume de compression 42 vers le volume d'expansion d'arc 48 et vers les contacts d'arc 26, 72, jusqu'à la fin de l'ouverture, permettant d'éviter un réamorçage de l'arc entre les contacts d'arc.

[0049] Lorsque les contacts d'arc, en se séparant en P_3 , ouvrent un circuit capacitif traversé par un faible courant, suivant les conditions d'un essai capacitif, un arc relativement faible est tiré entre les contacts d'arc 26, 72. Cet arc s'éteint presque immédiatement de lui-même grâce à la bonne qualité du gaz diélectrique. Le courant s'interrompt et la tension entre les organes de contact 12, 18 commence à augmenter très rapidement. Du fait du mouvement du piston 46 dans le volume de compression 42, un flux continu de gaz frais pénètre dans le volume d'expansion d'arc 48 où la pression augmente. Dès que les orifices 58 ne sont plus obturés par le manchon 61 (point P_4), les gaz s'évacuent au travers du tube 52 vers le volume de détente 54. Pour éviter un reclaquage de l'arc électrique entre les organes de contact 12, 18, il est essentiel que la tension entre les contacts 12, 18 reste inférieure à la tension disruptive. Or dans la plage de fonctionnement considérée, la loi de Paschen indique que la tension disruptive est une fonction croissante du produit de la pression du gaz par la distance séparant les contacts. Il est donc essentiel qu'au moment de l'extinction de l'arc, la tension disruptive soit élevée et augmente très rapidement, plus rapidement en tous cas que la tension entre les contacts d'arc.

[0050] C'est justement ce que permet la caractéristique cinématique décrite précédemment. En effet, le point P_5 correspondant au maximum du rapport de vitesses V_2/V_1 est situé entre le point P_3 de séparation des contacts d'arc et la position ouverte. De plus, ce point correspond à un rapport de vitesses supérieur à 1, qui per-

met de privilégier l'augmentation de vitesse de l'organe de contact le plus léger, à savoir le deuxième organe de contact 18, qui ne supporte pas la tuyère 16, par rapport au déplacement de l'organe de contact le plus lourd, à savoir le premier organe de contact 12. Ce parti pris permet, comme on l'a montré précédemment, de maximiser la vitesse relative $V_1 + V_2$ de l'ensemble mobile pour un travail mécanique global donné fourni par le mécanisme 14.

[0051] Dans cette phase, on est donc conduit à privilégier l'augmentation de la vitesse relative de séparation $V_1 + V_2$ des contacts d'arc par rapport à l'augmentation de la vitesse V_1 du piston 46. En d'autres termes, si l'on se réfère à la loi de Paschen, on privilégie l'augmentation de la distance entre les contacts par rapport à l'augmentation de la pression. Remarquons toutefois que le mouvement du piston 46 à l'intérieur du volume de compression 42 est suffisant pour maintenir, voire augmenter un peu, la surpression du volume d'expansion d'arc 48 par rapport au volume de détente 54, malgré le flux continu de gaz par le tube 52 du contact d'arc 26 vers le volume de détente 54, car la surface active du piston 46 est supérieure à la section intérieure du tube 52. Mais l'augmentation de pression dans le volume d'expansion est entravée par les chemins d'écoulement, au plus tard lorsque le doigt de contact 78 s'échappe du col 32 de la tuyère et ouvre le deuxième chemin de circulation des gaz passant par le col 32.

[0052] Quand le premier organe de contact a atteint 50% de sa course d'ouverture, la distance entre les contacts est suffisante pour éviter tout reclaquage d'un arc dans les conditions de l'essai capacitif. L'échappement des gaz du volume de compression 42 vers le volume d'expansion d'arc 48 se poursuit jusqu'à la fin de l'ouverture.

[0053] Au-delà du point P_7 et dans toutes les conditions d'ouverture, des gaz frais et propres sont dirigés du volume de compression 42 vers le volume d'expansion d'arc 48 et vers les contacts d'arc 26, 72, jusqu'à la fin de l'ouverture, permettant d'éviter un réamorçage de l'arc entre les contacts d'arc. Par ailleurs, la fin du mouvement du deuxième organe de contact est utilisée pour comprimer le ressort 94.

[0054] La fermeture se déroule de manière inverse, en remarquant que le clapet de remplissage 62 devient alors actif pour permettre le remplissage du volume de compression 42. Après les premiers 10% de la course de fermeture, le deuxième organe de contact 18 commence à se déplacer. Le ressort 94 permet alors d'éviter tout blocage du mécanisme de transmission 20.

[0055] Naturellement, diverses modifications sont possibles.

[0056] L'ouverture des orifices 58 par la soupape de retardement 61 (au point P_4) a lieu après la séparation des contacts (au point P_3 de la courbe), et de préférence avant l'ouverture du col de la tuyère (au point P_6) car on préfère ouvrir en premier le chemin de circulation de gaz qui a une section de passage plus faible, en l'occurrence

le chemin 60. Le positionnement des points P_4 et P_6 par rapport au point P_5 déterminant le maximum du rapport de vitesses n'est pas critique, pour autant que ces trois points restent proches les uns des autres. Selon une première alternative au schéma de la figure 6, le point P_6 peut se trouver entre P_4 et P_5 . Selon une autre alternative, le point P_4 peut se trouver entre P_5 et P_6 . Dans certaines applications, il est possible de se passer tout à fait de la soupape de retardement 61, de sorte que le chemin de circulation de gaz 60 s'ouvre dès que le doigt 78 sort du tube 58 au point P_3 , sachant que le doigt 78 bouche le tube 52 en position fermée.

[0057] On peut prévoir un mécanisme de transmission de structure différente, pour obtenir une courbe de vitesse identique à celle du premier mode de réalisation. La figure 7 représente un détail deuxième mode de réalisation, dans lequel le mécanisme de transmission 120 comporte une came 184 coopérant d'une part avec une extrémité du contact d'arc 80 et d'autre part avec une tringle 186. L'extrémité du contact d'arc 80 est pourvu comme dans le premier mode de réalisation d'un galet 190a ayant fonction de coulisseau et coopérant avec une piste 192a constituée par une rainure curviligne pratiquée dans la came 184. De même, la tringle 184 est pourvue à son extrémité d'un galet 190b ayant fonction de coulisseau et coopérant avec piste 192b constituée par une deuxième rainure curviligne en forme de crosse pratiquée dans la came 184. La forme des deux pistes 192a et 192b est choisie de manière à obtenir des rapports de vitesse du même type que ceux décrits pour le premier mode de réalisation. Les autres éléments du disjoncteur selon le deuxième mode de réalisation sont identiques à ceux du premier mode.

[0058] Par ailleurs, il est possible de prévoir un clapet fermant le tube à proximité du doigt de contact à la place du manchon 61, de manière à favoriser encore plus l'augmentation de pression dans le volume d'expansion au début de l'ouverture, notamment dans les conditions de l'essai capacitif.

[0059] Dans les exemples de réalisation décrits, le contact permanent 70 est mobile et solidaire du contact d'arc 72. Il est également envisageable de prévoir un contact permanent fixe 70 et un contact d'arc 72 seul entraîné par le mécanisme de transmission 20.

Revendications

1. Appareillage électrique de coupure en charge haute tension comportant, à l'intérieur d'une enceinte étanche (10) remplie d'un gaz à haute tenue diélectrique et définissant un axe géométrique de référence (22) :

- un support (40) fixe délimitant un volume de compression (42),
- un premier organe de contact (12) mobile par rapport au support (40) et comportant :

- un premier contact permanent (24),
 - une tuyère (16) en matériau électrique-
 ment isolant, solidaire du premier contact
 permanent (24),
 - un piston (46) solidaire du premier contact
 permanent (24) et coulissant dans le sup-
 port (40), de manière à délimiter avec la
 tuyère (16) un volume d'expansion d'arc
 (48), et à séparer le volume d'expansion
 d'arc (48) du volume de compression (42),
 le piston (46) étant muni d'une soupape de
 refoulement (50) du volume de compres-
 sion (42) vers le volume d'expansion d'arc
 (48), qui s'ouvre lorsque le volume de com-
 pression (42) est en surpression par rapport
 au volume d'expansion d'arc (48),
 - un premier contact d'arc (26) solidaire du
 premier contact permanent (24) et faisant
 saillie à l'intérieur du volume d'expansion
 d'arc (48) ;

- un deuxième organe de contact (18) compor-
 tant un deuxième contact permanent (70) et un
 deuxième contact d'arc (72) mobile par rapport
 à l'enceinte ;
 - un mécanisme d'entraînement (14) pour en-
 traîner le premier organe de contact (12) d'une
 position fermée à une position ouverte avec un
 mouvement de translation axiale le long de l'axe
 de référence (22), en passant par une position
 fugitive de séparation des premier et deuxième
 contacts permanents (P_2) dans laquelle les pre-
 mier et deuxième contacts permanents perdent
 contact l'un avec l'autre, et en passant par une
 position fugitive de séparation des premier et
 deuxième contacts d'arc (P_3) dans laquelle les
 premier et deuxième contacts d'arc perdent con-
 tact l'un avec l'autre, située entre la position fu-
 gitive de séparation des premier et deuxième
 contacts permanents (P_2) et la position ouverte ;
 - un mécanisme de transmission (20) consti-
 tuant une liaison cinématique permanente entre
 la tuyère (16) et le deuxième contact d'arc (72)
 pour transmettre un mouvement de la tuyère
 (16) au deuxième contact d'arc (72),

caractérisé en ce que le mécanisme de transmis-
 sion (20) est tel que lorsque le premier organe de
 contact (12) se déplace axialement dans un sens
 avec une vitesse ayant un module V_1 , le deuxième
 contact d'arc se déplace en translation suivant l'axe
 de référence (22) en sens opposé avec une vitesse
 ayant un module V_2 qui est dans un rapport V_2/V_1
 avec le module V_1 , le rapport V_2/V_1 étant variable
 en fonction de la position du premier organe de con-
 tact (12) par rapport à l'enceinte (10) de telle manière
 que :

- le rapport V_2/V_1 reste inférieur à une valeur de
 0,5 tant que le premier organe de contact (12)
 se trouve entre la position fermée et une pre-
 mière position indexée (P_1) située entre la po-
 sition fermée et la position fugitive de séparation
 du premier et du deuxième contact d'arc (P_3),
 - le rapport V_2/V_1 passe par une valeur maxi-
 male supérieure à 1 lorsque le premier organe
 de contact (12) passe par une deuxième position
 fugitive indexée (P_5) située entre la position fu-
 gitive de séparation des premier et deuxième
 contacts permanents (P_2) et la position ouverte,
 - le rapport V_2/V_1 reste inférieur à une valeur
 de 0,5 tant que le premier organe de contact se
 trouve entre une troisième position indexée (P_7)
 située entre la deuxième position indexée (P_5)
 et la position ouverte d'une part, et la position
 ouverte d'autre part.

2. Appareillage électrique de coupure en charge selon
 la revendication 1, **caractérisé en ce que** la deuxiè-
 me position indexée (P_5) est située entre la position
 fugitive de séparation du premier et du deuxième
 contact d'arc (P_3) et la position ouverte.

3. Appareillage électrique de coupure en charge selon
 l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que la valeur maximale du rap-
 port V_2/V_1 est supérieure à 1,5.

4. Appareillage électrique de coupure en charge selon
 l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le deuxième organe de con-
 tact permanent (70) et le deuxième organe de con-
 tact d'arc (72) sont solidaires l'un de l'autre.

5. Appareillage électrique de coupure en charge selon
 la revendication 4, **caractérisé en ce que** :

- le premier organe de contact (12) et la tuyère
 (16) forment ensemble un premier équipement
 mobile de masse M_1
 - le deuxième organe de contact permanent (70)
 et le deuxième organe de contact d'arc (72) for-
 ment un deuxième équipement mobile de masse
 M_2 ;
 - lorsque le premier organe de contact (12) pas-
 se par la première position fugitive indexée, le
 rapport de vitesses vérifie la relation :

$$0,8 \frac{M_1}{M_2} \leq \frac{V_2}{V_1} \leq 1,2 \frac{M_1}{M_2}$$

6. Appareillage électrique de coupure en charge selon
 la revendication 5, **caractérisé en ce que** lorsque

le premier organe de contact passe par la première position fugitive indexée, le rapport de vitesses vérifie la relation :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

7. Appareillage électrique de coupure en charge selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mécanisme de transmission (20) comporte :

- une came (84) pivotant autour d'un axe géométrique (88) fixe par rapport à l'enceinte (10) et comportant une piste curviligne (92),
- un coulisseau (90) solidaire du deuxième contact d'arc (72) et coopérant avec la piste (92), et
- un bielle (86) articulée sur la came (84) et sur une pièce (88) solidaire de la tuyère (16).

8. Appareillage électrique de coupure en charge selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le mécanisme de transmission comporte :

- une came (184) pivotant autour d'un axe géométrique fixe par rapport à l'enceinte et comportant une première piste curviligne (192a) et une deuxième piste curviligne (192b),
- un premier coulisseau (190a) solidaire du deuxième contact d'arc (72) et coopérant avec la première piste (192a), et
- une tringle solidaire de la tuyère (16) et comportant un deuxième coulisseau (190b) coopérant avec la deuxième piste (192b).

9. Appareillage électrique de coupure en charge selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tuyère comporte un col formant un premier chemin de circulation de gaz du volume d'expansion d'arc (48) vers un volume de détente (54) à l'intérieur de l'enceinte, ce premier chemin étant est fermé au moins partiellement par le deuxième contact d'arc (72) tant que le premier organe de contact (12) se trouve entre la position fermée et une quatrième position fugitive indexée (P_6) située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts d'arc (P_3) et la position ouverte.

10. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'il** comporte un deuxième chemin de circulation de gaz (60) entre le volume d'expansion (48) et le volume de détente (54) de l'enceinte (10).

11. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le deuxième chemin de circulation de gaz (60) est muni d'une soupape de retardement (61) qui reste fermée tant que le premier organe de contact (12) se trouve entre la position fermée et une cinquième position indexée (P_4), située entre la position fugitive de séparation des premier et deuxième contacts d'arc (P_3) et la position ouverte.

12. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la quatrième position indexée (P_6) est située entre la cinquième position indexée (P_4) et la position ouverte.

13. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la deuxième position indexée (P_5) est située à proximité de la quatrième position indexée (P_6) et de la cinquième position indexée (P_4).

14. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le premier contact d'arc comporte un tube et **en ce que** le chemin de circulation de gaz passe par ce tube.

15. Appareillage électrique de coupure en charge selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** tant que le premier organe de contact se trouve entre la position fermée et la position de séparation des premier et deuxième contacts d'arc, le deuxième contact d'arc bouche le tube.

Claims

1. A high tension loaded switchgear comprising, inside a sealed enclosure (10) filled with a gas with a high dielectric breakdown voltage and defining a reference geometric axis (22):

- a fixedly mounted support (40) bounding a volume of compression (42),
- a first contact device (12) that is movable in relation to the support (40) and comprising:

- a first permanent contact (24),
- a nozzle (16) made of an electrically insulating material, integrally formed with the first permanent contact (24),
- a piston (46) integrally formed with the first permanent contact (24), and sliding into the support (40), so as to bound with the nozzle (16) a volume of arc expansion (48), and to separate the volume of arc expansion (48) from the volume of compression (42), the piston (46) being fitted with a discharge valve (50) discharging the volume of com-

pression (42) towards the volume of arc expansion (48), that opens when the volume of compression (42), is in excess pressure in relation to the volume of arc expansion (48),

- a first arcing contact (26) integrally formed with the first permanent contact (24) and projecting inside the volume of arc expansion (48);

- a second contact device (18) comprising a second permanent contact (70) and a second arcing contact (72) that is movable in relation to the enclosure;

- a drive mechanism (14) to drive the first contact device (12) from a closed position to an open position with a movement of axial translation along the reference axis (22), through a fugitive position of separation from the first and second permanent contacts (P_2) in which the first and second permanent contacts lose contact with one another, and through a fugitive position of separation from the first and second arcing contacts (P_3) in which the first and second arcing contacts lose contact with one another, located between the fugitive position of separation from the first and second permanent contacts (P_2) and the open position;

- a transmission mechanism (20) constituting a permanent kinematic link between the nozzle (16) and the second arcing contact (72) to transmit a movement of the nozzle (16) to the second arcing contact (72),

characterised in that the transmission mechanism (20) is such that when the first contact device (12) moves axially in a direction with a speed having a module V_1 , the second arcing contact moves in translation along the reference axis (22) in the opposite direction with a speed having a module V_2 that is in a ratio V_2/V_1 with the module V_1 , the ratio V_2/V_1 being variable according to the position of the first contact device (12) in relation to the enclosure (10) such that:

- the ratio V_2/V_1 remains less than a value of 0.5 as long as the first contact device (12) is between the closed position and a first indexed position (P_1) located between the closed position and the fugitive position of separation from the first and second arcing contact (P_3),

- the ratio V_2/V_1 goes through a maximum value greater than 1 when the first contact device (12) goes through a second indexed fugitive position (P_5) located between the fugitive position of separation from the first and second permanent contacts (P_2) and the open position,

- the ratio V_2/V_1 remains less than a value of 0.5

as long as the first contact device is between a third indexed position (P_7) located between the second indexed position (P_5) and the open position on the one hand, and the open position on the other hand.

2. The loaded switchgear according to claim 1, **characterised in that** the second indexed position (P_5) is located between the fugitive position of separation from the first and second arcing contacts (P_3) and the open position.

3. The loaded switchgear according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the maximum value of the ratio V_2/V_1 is greater than 1.5.

4. The loaded switchgear according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the second permanent contact device (70) and the second arcing contact device (72) are integrally formed with one another.

5. The loaded switchgear according to claim 4, **characterized in that:**

- the first contact device (12) and the nozzle (16) form together a first movable ground element M_1

- the second permanent contact device (70) and the second arcing contact device (72) form a second movable ground element M_2 ;

- when the first contact device (12) goes through the first indexed fugitive position, the speed ratio complies with the relation:

$$0,8 \frac{M_1}{M_2} \leq \frac{V_2}{V_1} \leq 1,2 \frac{M_1}{M_2}$$

6. The loaded switchgear according to claim 5, **characterised in that** when the first contact device goes through the first indexed fugitive position, the speed ratio complies with the relation:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

7. The loaded switchgear according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the transmission mechanism (20) comprises:

- a cam (84) pivoting around a geometric axis (88) that is fixed in relation to the enclosure (10) and comprising a curved track (92),

- a slider (90) integrally formed with the second

- arcing contact (72) and co-operating with the track (92), and
 - a connecting rod (86) connected to the cam (84) and to a part (88) integrally formed with the nozzle (16).
8. The loaded switchgear according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the transmission mechanism comprises:
- a cam (184) pivoting around a geometric axis that is fixed in relation to the enclosure and comprising a first curved track (192a) and a second curved track (192b),
 - a first slider (190a) integrally formed with the second arcing contact (72) and co-operating with the first track (192a), and,
 - a rod integrally formed with the nozzle (16) and comprising a second slider (190b) co-operating with the second track (192b).
9. The loaded switchgear according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the nozzle comprises a neck forming a first gas flow path from the volume of arc expansion (48) to a volume of relief (54) within the enclosure, this first path being at least partially closed by the second arcing contact (72) as long as the first contact device (12) is between the closed position and a fourth indexed fugitive position (P_6) located between the fugitive position of separation from the first and second arcing contacts (P_3) and the open position.
10. The loaded switchgear according to claim 9, **characterised in that** it comprises a second gas flow path (60) between the volume of expansion (48) and the volume of relief (54) of the enclosure (10).
11. The loaded switchgear according to claim 9, **characterised in that** the second gas flow path (60) is fitted with a delaying valve (61) that remains closed as long as the first contact device (12) is between the closed position and a fifth indexed position (P_4), located between the fugitive position of separation from the first and second arcing contacts (P_3) and the open position.
12. The loaded switchgear according to claim 11, **characterised in that** the fourth indexed position (P_6) is located between the fifth indexed position (P_4) and the open position.
13. The loaded switchgear according to claim 12, **characterised in that** the second indexed position (P_5) is located proximate to the fourth indexed position (P_6) and the fifth indexed position (P_4).
14. The loaded switchgear according to claim 11, **char-**

acterised in that the first arcing contact comprises a nozzle and **in that** the gas flow path passes through this nozzle.

15. The loaded switchgear according to claim 14, **characterised in that** the first contact device is located between the closed position and the position of separation from the first and second arcing contacts, the second arcing contact blocks the nozzle.

Patentansprüche

1. Hochspannungs-Lasttrennschalter, der im Inneren einer dichten Kammer (10), die mit einem Gas von hoher Durchschlagsfestigkeit gefüllt ist und eine geometrische Bezugsachse (22) definiert, umfasst:

- einen ortsfesten Sockel (40), der ein Kompressionsvolumen (42) begrenzt,
- ein erstes Kontaktelement (12), das bezüglich des Sockels (40) beweglich ist und umfasst:

- einen ersten permanenten Kontakt (24),
- eine fest mit dem ersten permanenten Kontakt (24) verbundene Düse (16) aus elektrisch isolierendem Material,
- einen Kolben (46), der fest mit dem ersten permanenten Kontakt (24) verbunden ist und so im Sockel (40) läuft, dass zusammen mit der Düse (16) ein Lichtbogen-Ausdehnungsvolumen (48) begrenzt und das Lichtbogen-Ausdehnungsvolumen (48) vom Kompressionsvolumen (42) getrennt wird, wobei der Kolben (46) mit einem Druckventil (50) versehen ist, das vom Kompressionsvolumen (42) zum Lichtbogen-Ausdehnungsvolumen (48) führt und sich öffnet, wenn das Kompressionsvolumen (42) einen Überdruck gegenüber dem Lichtbogen-Ausdehnungsvolumen (48) hat,
- einen ersten Lichtbogenkontakt (26), der fest mit dem ersten permanenten Kontakt (24) verbunden ist und ins Innere des Lichtbogen-Ausdehnungsvolumens (48) vor-springt;

- ein zweites Kontaktelement (18), das einen zweiten permanenten Kontakt (70) und einen zweiten, bezüglich der Kammer beweglichen Lichtbogenkontakt (72) aufweist;
- einen Antriebsmechanismus (14), um das erste Kontaktelement (12) durch eine axiale Translationsbewegung entlang der Bezugsachse (22) von einer geschlossenen Stellung zu einer offenen Stellung zu bewegen, und zwar über eine vorübergehende Position (P_2) der Trennung des ersten und zweiten permanenten Kon-

takts, in der der erste und zweite permanente Kontakt ihren gegenseitigen Kontakt verlieren, und über eine vorübergehende Position (P_3) der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts, in der der erste und zweite Lichtbogenkontakt ihren gegenseitigen Kontakt verlieren und die zwischen der vorübergehenden Position (P_2) der Trennung des ersten und zweiten permanenten Kontakts und der offenen Stellung liegt;

- einen Übertragungsmechanismus (20), der eine permanente kinematische Verbindung zwischen der Düse (16) und dem zweiten Lichtbogenkontakt (72) darstellt, um eine Bewegung der Düse (16) an den zweiten Lichtbogenkontakt (72) zu übertragen,

dadurch gekennzeichnet, dass der Übertragungsmechanismus (20) dergestalt ist, dass, während sich das erste Kontaktelement (12) axial in der einen Richtung mit einer Geschwindigkeit des Absolutwertes V_1 bewegt, der zweite Lichtbogenkontakt sich in Translation der Bezugsachse (22) folgend in der entgegengesetzten Richtung mit einer Geschwindigkeit des Absolutwertes V_2 bewegt, die sich zum Absolutwert V_1 in einem Verhältnis V_2/V_1 befindet, wobei das Verhältnis V_2/V_1 in Abhängigkeit von der Position des ersten Kontaktelements (12) bezüglich der Kammer (10) in der Weise variabel ist, dass

- das Verhältnis V_2/V_1 unterhalb eines Wertes von 0,5 bleibt, solange sich das erste Kontaktelement (12) zwischen der geschlossenen Stellung und einer ersten, indexierten Position (P_1) befindet, die zwischen der geschlossenen Stellung und der vorübergehenden Position (P_3) der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts liegt,

- das Verhältnis V_2/V_1 einen Maximalwert von mehr als 1 durchläuft, wenn das erste Kontaktelement (12) durch eine zweite vorübergehende, indexierte Position (P_5) läuft, die zwischen der vorübergehenden Position (P_2) der Trennung des ersten und zweiten permanenten Kontakts und der offenen Stellung liegt,

- das Verhältnis V_2/V_1 , unterhalb eines Wertes von 0,5 bleibt, solange sich das erste Kontaktelement zwischen einer dritten, indexierten Position (P_7) einerseits, die zwischen der zweiten indexierten Position (P_5) und der offenen Stellung liegt, und der offenen Stellung andererseits befindet.

2. Lasttrennschalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite indexierte Position (P_5) zwischen der vorübergehenden Position (P_3) der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts und der offenen Stellung liegt.

3. Lasttrennschalter nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der maximale Wert des Verhältnisses V_2/V_1 mehr als 1,5 beträgt.

4. Lasttrennschalter nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite permanente Kontaktelement (70) und das zweite Lichtbogenkontaktelement (72) fest miteinander verbunden sind.

5. Lasttrennschalter nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das erste Kontaktelement (12) und die Düse (16) zusammen erste bewegliche Massen der Masse M_1 bilden,

- das zweite permanente Kontaktelement (70) und das zweite Lichtbogenkontaktelement (72) zweite bewegliche Massen der Masse M_2 bilden;

- das Geschwindigkeitsverhältnis der Beziehung

$$0,8 \frac{M_1}{M_2} \leq \frac{V_2}{V_1} \leq 1,2 \frac{M_1}{M_2}$$

genügt, wenn das erste Kontaktelement (12) durch die erste indexierte, vorübergehende Position läuft.

6. Lasttrennschalter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geschwindigkeitsverhältnis der Beziehung

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

genügt, wenn das erste Kontaktelement durch die erste indexierte, vorübergehende Position läuft.

7. Lasttrennschalter nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Übertragungsmechanismus (20) umfasst:

- eine Nockenscheibe (84), die sich um eine bezüglich der Kammer (10) ortsfeste geometrische Achse (88) dreht und eine gekrümmte Bahn (92) aufweist,

- einen mit dem zweiten Lichtbogenkontakt (72) fest verbundenen Gleitschuh (90), der mit der Bahn (92) zusammenwirkt, und

- einen beweglich an der Nockenscheibe (84) und an einem fest mit der Düse (16) verbunde-

nen Teil (88) angebrachten Pleuel (86).

8. Lasttrennschalter nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Übertragungsmechanismus umfasst:

- eine Nockenscheibe (184), die sich um eine bezüglich der Kammer ortsfeste geometrische Achse dreht und eine erste gekrümmte Bahn (192a) sowie eine zweite gekrümmte Bahn (192b) aufweist,
- einen mit dem zweiten Lichtbogenkontakt (72) fest verbundenen ersten Gleitschuh (190a), der mit der ersten Bahn (192a) zusammenwirkt, und
- eine Stange, die fest mit der Düse (16) verbunden ist und einen zweiten Gleitschuh (190b) aufweist, der mit der zweiten Bahn (192b) zusammenwirkt.

9. Lasttrennschalter nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse einen Hals aufweist, der einen ersten Gasrückführungspfad vom Lichtbogen-Ausdehnungsvolumen (48) zu einem Entspannungsvolumen (54) im Inneren der Kammer bildet, wobei dieser erste Pfad zumindest teilweise durch den zweiten Lichtbogenkontakt (72) versperrt ist, solange das erste Kontaktelement (12) sich zwischen der geschlossenen Stellung und einer vierten indexierten, vorübergehenden Position (P_4) befindet, die zwischen der vorübergehenden Position (P_3) der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts und der offenen Stellung liegt.

10. Lasttrennschalter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen zweiten Gasrückführungspfad (60) zwischen dem Ausdehnungsvolumen (48) und dem Entspannungsvolumen (54) der Kammer (10) umfasst.

11. Lasttrennschalter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Gasrückführungspfad (60) mit einem Verzögerungsventil (61) ausgestattet ist, das geschlossen bleibt, solange sich das erste Kontaktelement (12) zwischen der geschlossenen Stellung und einer fünften indexierten Position (P_4) befindet, die zwischen der vorübergehenden Position (P_3) der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts und der offenen Stellung liegt.

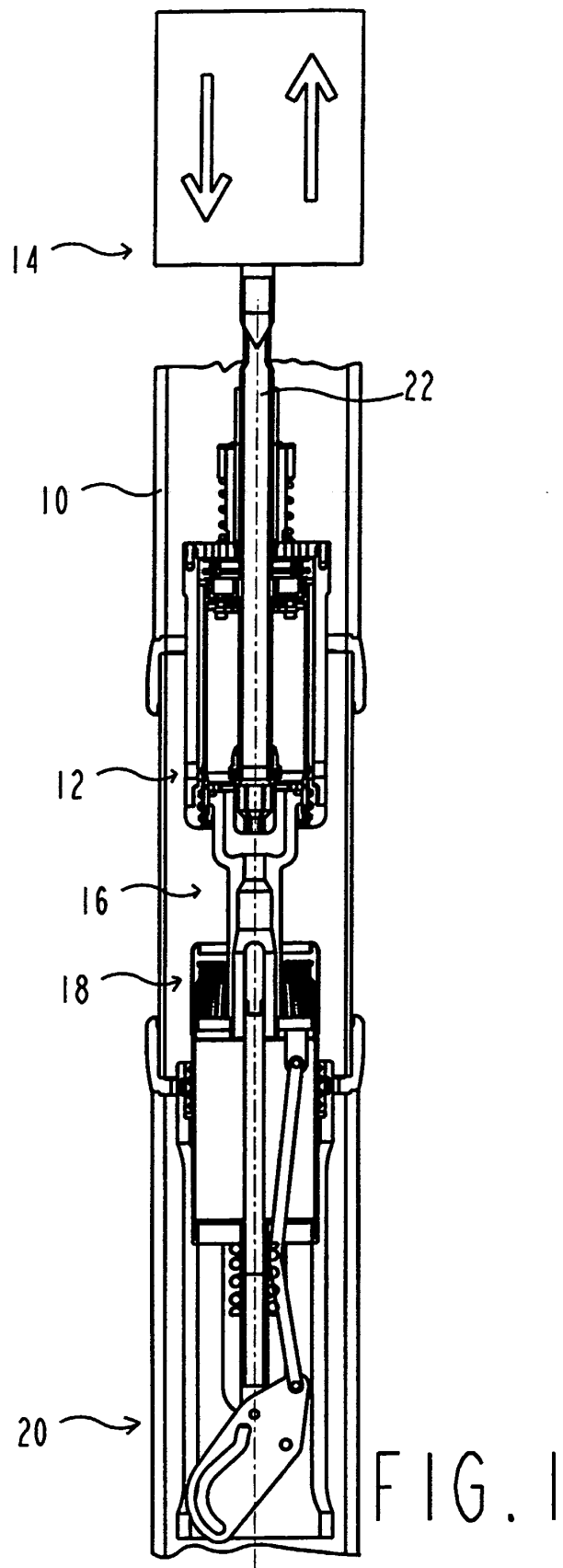
12. Lasttrennschalter nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die vierte indexierte Position (P_6) zwischen der fünften indexierten Position (P_4) und der offenen Stellung befindet.

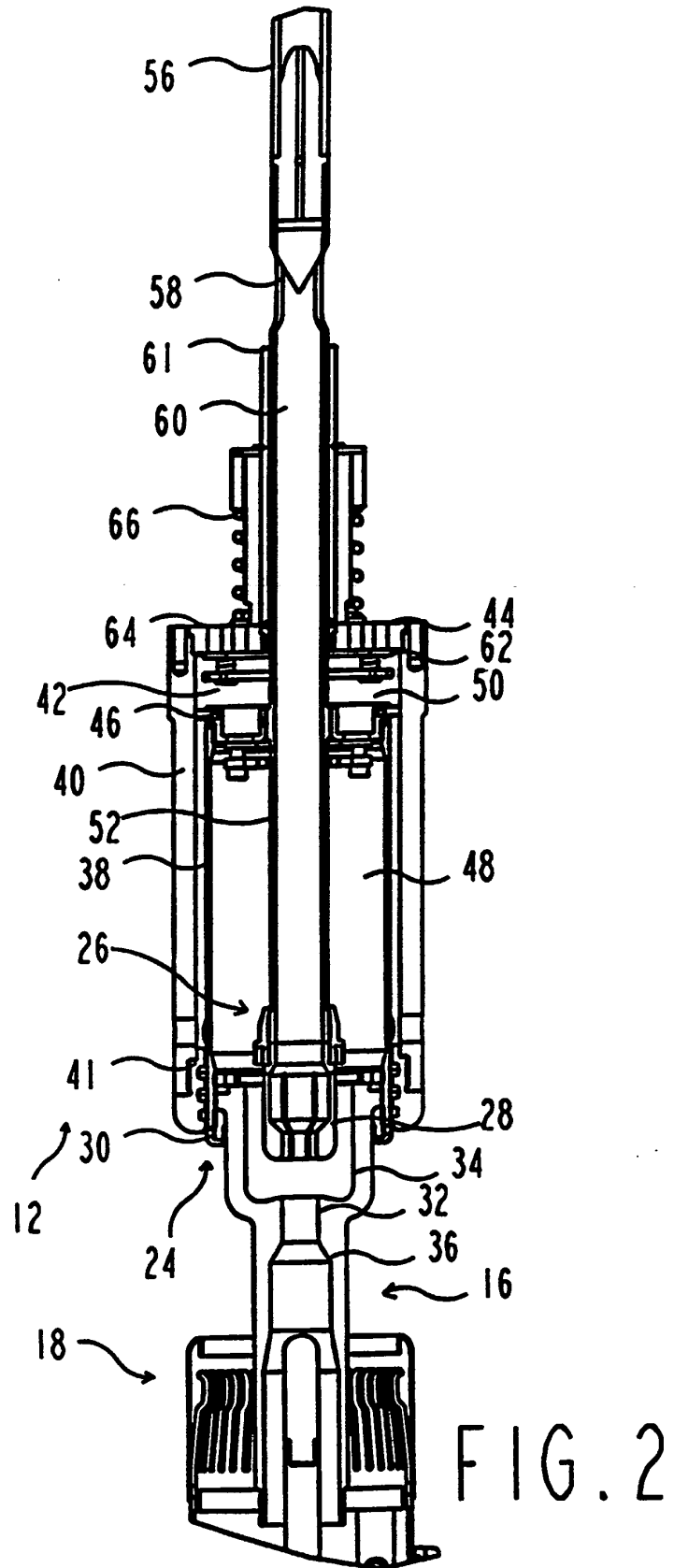
13. Lasttrennschalter nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die zweite indexierte Position (P_5) in der Nähe der vierten indexierten Position

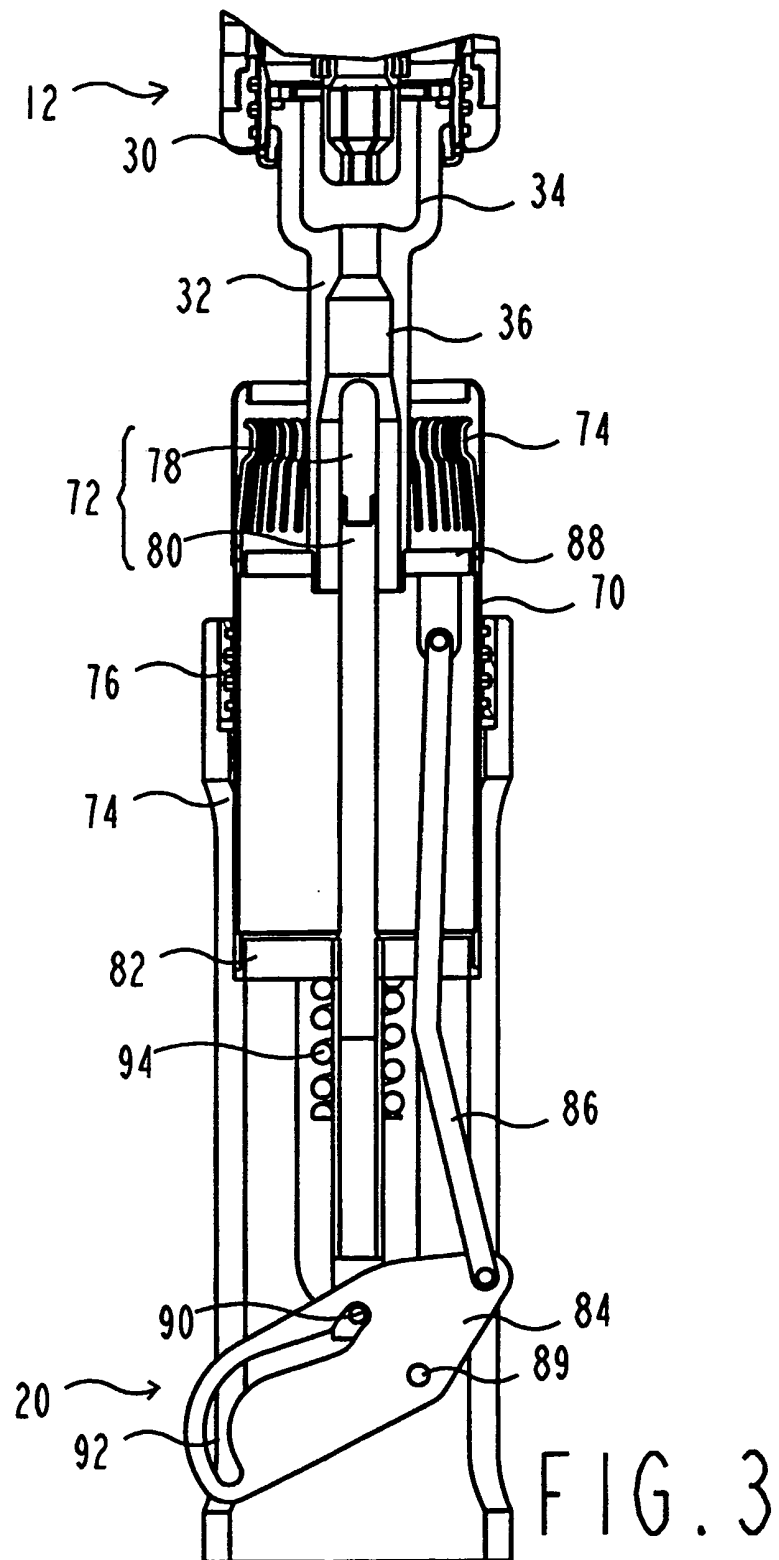
(P_6) und der fünften indexierten Position (P_4) befindet.

14. Lasttrennschalter nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Lichtbogenkontakt ein kleines Rohr umfasst und dass der Gasrückführungspfad durch dieses Rohr führt.

15. Lasttrennschalter nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Lichtbogenkontakt das Rohr verschliesst, solange sich das erste Kontaktelement zwischen der geschlossenen Stellung und der Position der Trennung des ersten und zweiten Lichtbogenkontakts befindet.







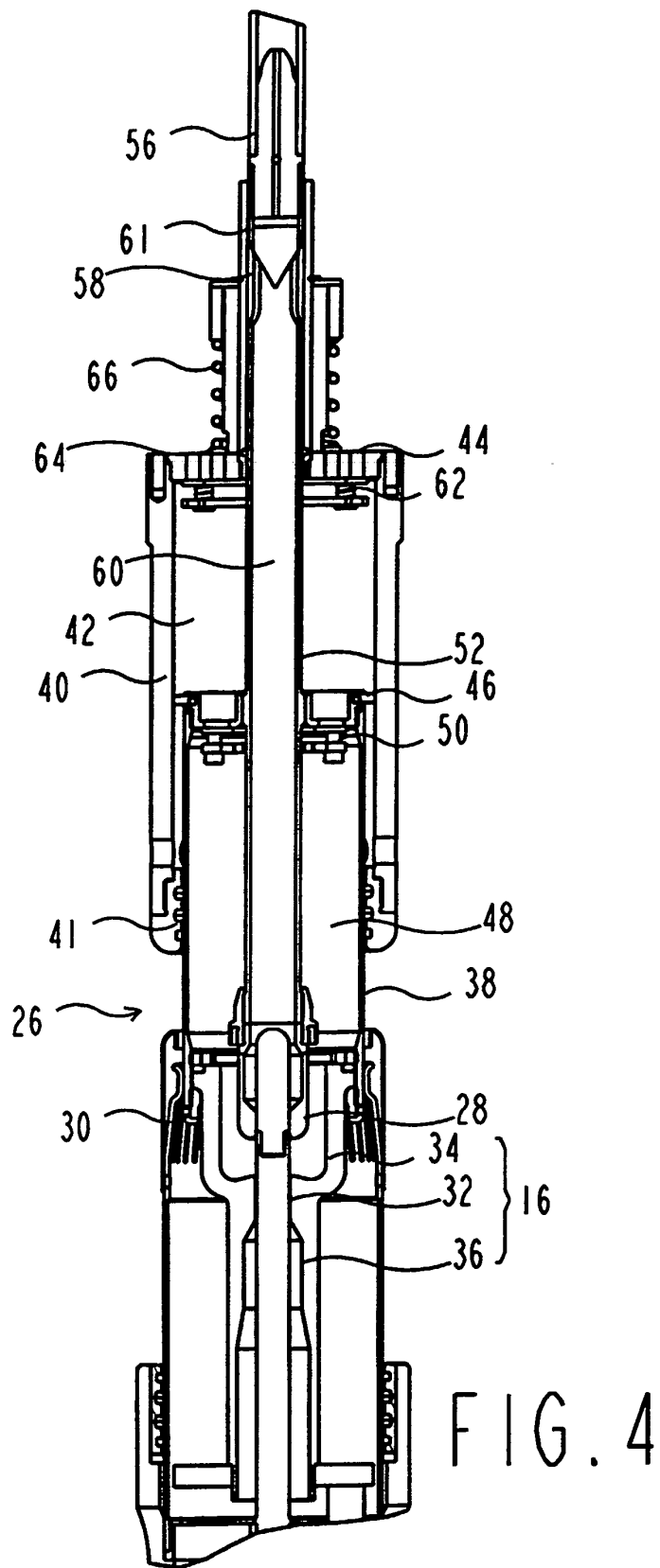


FIG. 4

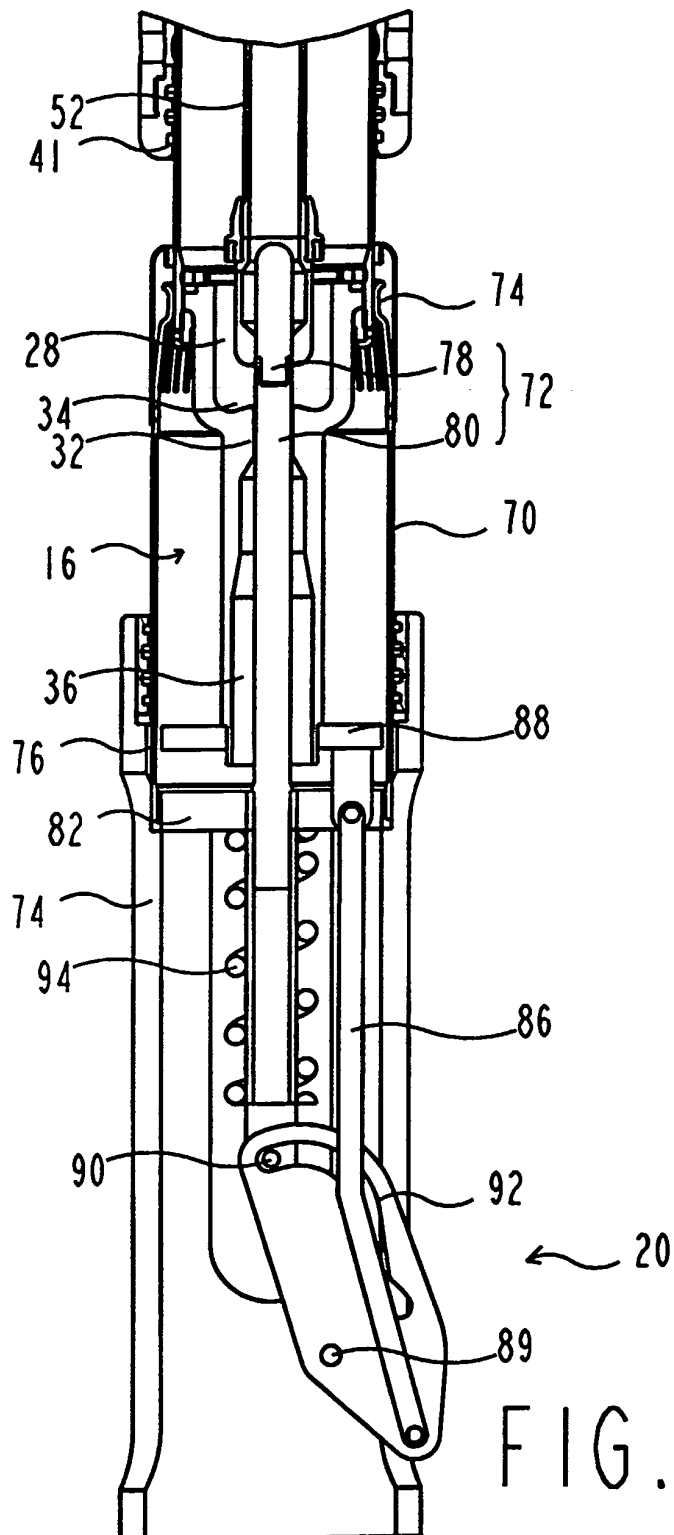


FIG. 6

