

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 638 992**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 15144**

⑤1 Int Cl⁸ : B 23 K 11/24.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 17 novembre 1989.

③0 Priorité : JP, 17 novembre 1988, n° 63-290949, 4 avril 1989, n° 1-085210 et 20 septembre 1989, n° 1-244501.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 20 du 18 mai 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA. — JP.

⑦2 Inventeur(s) : Nobuo Kobayashi, Fumitomo Takano, Makoto Suzuki, Hitoshi Saito et Hidenori Koga, Honda Engineering Kabushiki Kaisha.

⑦3 Titulaire(s) :

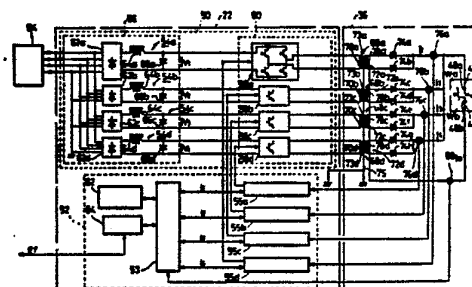
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Appareil de soudage par résistance en courant continu.

⑤7 L'invention concerne un appareil de soudage par résistance en courant continu.

Elle se rapporte à un appareil dans lequel le courant d'une alimentation triphasée 64 est transmis à plusieurs circuits redresseurs 62a-62d montés en parallèle et qui alimentent des circuits convertisseurs 60 qui forment un courant alternatif à une fréquence de 800 Hz par exemple. Ce courant alternatif est ensuite redressé à l'aide de transformateurs 68a-68d et de redresseurs 74a-74h qui alimentent des électrodes 48a-48b. Des dispositifs de commande 53, 55a-55d assurent le pilotage convenable des composants à semi-conducteur des convertisseurs 60.

Application aux appareils de soudage automatique.



La présente invention concerne un appareil de soudage par résistance en courant continu, destiné à réaliser le soudage par résistance de pièces, par utilisation d'un courant continu, et elle concerne plus précisément un appareil de soudage par résistance en courant continu du type à convertisseur, destiné à redresser l'énergie électrique alternative triphasée en énergie électrique en courant continu, à transformer l'énergie électrique en courant continu en énergie électrique alternative à haute fréquence, puis à transformer l'énergie électrique alternative à haute fréquence en énergie électrique en courant continu, par utilisation de redresseurs et d'un transformateur de soudage, puis à transmettre l'énergie électrique en courant continu à des électrodes de soudage afin que des pièces soient soudées.

Un appareil de soudage par résistance comporte deux électrodes destinées à serrer un jeu de pièces entre elles. Pendant qu'un courant de soudage est transmis entre les électrodes afin que de la chaleur soit dégagée par effet Joule, les électrodes sont repoussées contre les pièces afin que celles-ci soient soudées l'une à l'autre. Le soudage par résistance est très efficace car il ne nécessite pas de tige de soudage.

Le procédé de soudage par résistance nécessite un courant électrique bien supérieur aux autres procédés de soudage tels que le soudage à l'arc. En conséquence, le transformateur de soudage utilisé par l'opération de soudage par résistance est important et lourd. Le fait que le transformateur de soudage soit lourd et important est l'un des inconvénients qui rendent difficile l'installation d'un appareil de soudage par résistance sur le bras d'un robot de soudage ou analogue.

Pour que la dimension d'un transformateur de soudage puisse être réduite, on a récemment mis au point un appareil de soudage par résistance en courant continu du type à convertisseur qui transforme l'énergie électrique en courant continu en énergie électrique alternative à haute

fréquence, qui transmet l'énergie alternative à haute fréquence à un transformateur de soudage qui réduit la tension, puis transforme l'énergie électrique alternative à haute fréquence en énergie en courant continu et transmet
5 cette énergie à des bras d'un pistolet de soudage. L'énergie électrique en courant continu est d'abord transformée en énergie électrique alternative à haute fréquence car l'énergie électrique alternative à haute fréquence permet l'utilisation d'un transformateur de soudage relativement
10 petit et léger puisque la section du noyau du transformateur de soudage est inversement proportionnelle à la fréquence de l'énergie électrique alternative à haute fréquence. La raison de la transformation de l'énergie électrique alternative à haute fréquence en énergie électrique en courant continu appliquée aux bras d'un pistolet
15 de soudage est que l'énergie électrique en courant continu transmise aux bras d'un pistolet de soudage évite une chute de tension qui serait provoquée autrement par l'augmentation de l'impédance à haute fréquence due à l'inductance parasite créée par la longueur et la configuration des bras
20 du pistolet de soudage, et, en outre, la chute de tension qui apparaîtrait autrement par effet de peau des bras du pistolet de soudage est aussi évitée si bien que l'appareil de soudage a un fonctionnement très efficace.

25 La figure 1 des dessins annexés représente un appareil de soudage par résistance en courant continu du type à convertisseur. L'appareil de soudage par résistance en courant continu comporte un ensemble redresseur 2, un ensemble convertisseur 4 et un ensemble 6 comprenant un
30 transformateur 14 de soudage. L'énergie alternative triphasée du réseau alternatif triphasé 7 du commerce est transformée en énergie électrique en courant continu par un redresseur 8 et un condensateur 10 de l'ensemble redresseur 2, et l'énergie électrique en courant continu est alors
35 transformée en énergie électrique alternative ayant une fréquence supérieure à celle de l'énergie alternative triphasée par l'ensemble convertisseur 4 qui comporte un pont

de transistors 12a à 12d. L'énergie électrique alternative à haute fréquence est alors transformée à nouveau en énergie électrique en courant continu par le transformateur 14 de soudage ayant une prise centrale 19 à son secondaire et des redresseurs 16a, 16b. L'énergie électrique en courant continu est alors transmise entre les électrodes de soudage 18a, 18b. L'électrode 18a est connectée à une connexion commune des redresseurs 16a, 16b et l'électrode 18b est connectée à la prise centrale 19. Deux pièces Wa, Wb à souder l'une à l'autre sont placées entre les électrodes 18a, 18b. Lorsqu'un courant de soudage circule entre les électrodes 18a, 18b à travers les pièces Wa, Wb, les surfaces de contact des pièces Wa, Wb fondent et sont soudées l'une à l'autre.

Les appareils de soudage par résistance en courant continu doivent toujours transmettre un courant de soudage d'intensité élevée et doivent avoir une faible dimension. Un courant de soudage d'intensité élevée est préférable lors du soudage des tôles telles que les tôles d'acier revêtu contenant des matériaux à températures différentes de fusion ou lors du soudage de feuilles d'aluminium ou analogues ayant une conductibilité thermique élevée.

Lorsque la capacité de transmission de courant d'un appareil de soudage par résistance en courant continu de type classique doit être accrue et lorsque l'appareil doit être monté sur le bras d'un robot de soudage, le transformateur 14 de soudage a un poids accru si bien que le robot doit avoir une grande dimension, et les transistors 12a à 12d de l'ensemble convertisseur 4 ou les redresseurs 16a, 16b montés en parallèle doivent être connectés mutuellement. En conséquence, l'appareil de soudage par résistance en courant continu peut poser des problèmes de stabilité et de fiabilité.

Jusqu'à présent, les transistors du convertisseur ont travaillé dans une plage nominale continue de courants continus. Le convertisseur est réalisé de manière que, même lorsque les circuits de pilotage connectés aux bases des

transistors présentent un défaut de fonctionnement et les transistors restent conducteurs, le convertisseur ne soit pas détérioré dans la mesure où il reste dans les limites thermiques prévues. La plage réelle de fonctionnement du convertisseur doit donc être inférieure à la plage nominale continue des courants continus. En conséquence, l'appareil classique de soudage par résistance en courant continu ne peut pas être utilisé dans les applications dans lesquelles un courant intense de soudage doit être transmis aux électrodes de soudage.

L'invention a pour objet, de façon générale, la réalisation d'un appareil de soudage par résistance en courant continu qui a plusieurs circuits redresseurs montés en parallèle et comprenant chacun un transformateur de soudage et des redresseurs, si bien qu'un courant intense de soudage peut être transmis aux pièces, l'appareil ayant cependant une petite dimension et un faible poids.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant un dispositif de contrôle du temps pendant lequel les dispositifs à semi-conducteur, tels que les transistors, d'un ensemble convertisseur conduisent, afin que les dispositifs à semi-conducteur puissent fonctionner avec un courant d'intensité supérieure à celle d'une plage nominale continue, si bien qu'un courant intense de soudage peut être transmis aux pièces.

Un autre objet de l'invention est la réalisation d'un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant un dispositif de détection individuelle des défaillances des convertisseurs montés en parallèle, par exemple la réduction du signal de sortie ou des courants excessifs, afin que tous les convertisseurs puissent être rapidement mis à l'état inactif à la suite de la détection d'une telle panne.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel les flancs postérieurs des signaux de commutation subissent une

égalisation dans le temps d'après l'action de distorsion des transformateurs de soudage connectés aux convertisseurs montés en parallèle afin que la création de courants excessifs aux flancs postérieurs des signaux de sortie des convertisseurs, donnant un rendement accru, soit évitée.

L'invention a aussi pour objet un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel un signal correspondant à un état excité des pièces à souder peut être produit indirectement et avec précision à partir d'un changement de l'intensité du courant lors de l'opération de commutation des convertisseurs, et l'application d'énergie électrique aux pièces est interrompue d'après le signal ainsi produit si bien que les pièces peuvent être soudées de manière convenable.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant deux électrodes de soudage destinées à entourer les pièces à souder, et un circuit connecté aux électrodes de soudage et destiné à leur transmettre un courant de soudage, le circuit comprenant plusieurs circuits redresseurs montés en parallèle, comportant chacun un transformateur de soudage et un dispositif de redressement.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel le transformateur de soudage comporte un secondaire ayant une prise centrale, et le dispositif de redressement comporte deux redresseurs, la prise centrale constituant une borne de sortie de chacun des circuits redresseurs, le secondaire ayant une première extrémité connectée à une première borne de l'un des redresseurs et une autre extrémité connectée à une première borne de l'autre des redresseurs, les autres bornes des redresseurs étant connectées l'une à l'autre et formant une borne de sortie de chacun des circuits de redressement, les premières bornes de sortie des circuits de redressement étant connectées à l'une des électrodes de soudage, et les autres bornes de sortie des circuits de redressement étant connectées à l'autre des électrodes de soudage.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance qui comporte en outre un ensemble convertisseur comprenant plusieurs convertisseurs reliés respectivement aux circuits de redressement afin qu'ils alimentent
5 ceux-ci.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant en outre un dispositif principal de commande connecté aux convertisseurs et un dispositif de détection de courant destiné à
10 créer un signal proportionnel au courant de soudage transmis par le circuit aux électrodes de soudage et à renvoyer le signal au dispositif principal de commande, ce dernier ayant un dispositif de commande par rétroaction destiné à maintenir le courant de soudage à une valeur constante
15 d'après le signal transmis par le dispositif de détection de courant au dispositif principal de commande.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance qui comporte en outre des dispositifs auxiliaires de commande connectés respectivement aux convertisseurs, et des dispositifs de détection de courant destinés
20 à créer des signaux proportionnels aux courants de soudage en dérivation transmis respectivement par les circuits de redressement et à renvoyer les signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs
25 de commande par rétroaction destinés à maintenir les courants de soudage des dérivation à des valeurs constantes d'après les signaux renvoyés par les dispositifs de détection de courant aux dispositifs auxiliaires de commande.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage
30 par résistance en courant continu qui comporte des dispositifs auxiliaires de commande connectés respectivement aux convertisseurs, des premiers dispositifs de détection de courant destinés à créer des signaux proportionnels aux courants de soudage en dérivation transmis respectivement
35 par les circuits de redressement et à renvoyer les signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs de commande par rétroaction destinés à

maintenir les courants de soudage en dérivation à des valeurs constantes en fonction des signaux provenant des premiers dispositifs de détection de courant et transmis aux dispositifs auxiliaires de commande, un dispositif principal de commande connecté aux convertisseurs, et un second dispositif de détection de courant destiné à créer un signal proportionnel au courant de soudage transmis par le circuit aux électrodes de soudage et à renvoyer le signal au dispositif principal de commande, ce dernier ayant un dispositif de commande par rétroaction destiné à maintenir le courant de soudage à une valeur constante en fonction du signal transmis du second dispositif de détection de courant au dispositif principal de commande.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant en outre des dispositifs auxiliaires de commande connectés respectivement aux convertisseurs, des dispositifs de détection de courant destinés à créer des signaux proportionnels aux courants de soudage en dérivation transmis respectivement par les circuits de redressement et à renvoyer les signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, et un dispositif principal de commande connecté aux dispositifs auxiliaires de commande et destiné à calculer des valeurs de commande représentatives des courants de soudage en dérivation qui doivent être produits par les convertisseurs respectifs en fonction d'une valeur de commande d'un courant de soudage, et à transmettre les valeurs calculées de commande aux dispositifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs de commande par rétroaction destinés à maintenir les courants de soudage en dérivation à des valeurs constantes en fonction des valeurs calculées de commande, le dispositif principal de commande ayant un dispositif à minuterie destiné à synchroniser le courant de soudage en dérivation.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu ayant deux électrodes de soudage destinées à être placées de part et d'autre des

pièces à souder, un ensemble convertisseur ayant des composants à semi-conducteur qui peuvent être commutés à des états de fonctionnement et de non fonctionnement afin qu'ils transforment de l'énergie électrique en courant continu en énergie électrique en courant alternatif, un dispositif destiné à transformer l'énergie électrique en courant alternatif en énergie électrique en courant continu et à appliquer l'énergie électrique en courant continu aux électrodes de soudage, un circuit de pilotage de bases destiné à commander les composants à semi-conducteur avec des courants de commutation supérieurs à une plage nominale continue, c'est-à-dire une plage de courants nominaux appliqués de façon continue, et un circuit de minutage destiné à mesurer le temps de conduction des éléments à semi-conducteur et à interrompre les courants de commutation lorsque le temps mesuré de conduction dépasse une limite prédéterminée.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel le circuit à minuterie comporte un oscillateur destiné à créer un signal pulsé dont la fréquence est supérieure à celle de l'énergie électrique en courant alternatif, une porte ET ayant une borne d'entrée qui reçoit le signal pulsé et une borne d'entrée qui reçoit un signal correspondant à l'énergie électrique en courant alternatif, un compteur préréglable destiné à compter un signal pulsé provenant de la porte ET et à transmettre un signal de comptage au circuit de pilotage de bases, et un dispositif de réglage du compteur préréglable à une valeur préréglée correspondant au temps prédéterminé.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant deux électrodes de soudage destinées à être placées de part et d'autre des pièces à souder, plusieurs alimentations comprenant chacune un dispositif redresseur, un convertisseur, un transformateur de soudage et un redresseur et destinées à transmettre un courant de soudage produit par les redres-

seurs aux électrodes de soudage, des dispositifs destinés à détecter des courants circulant soit entre les dispositifs redresseurs et les convertisseurs soit à partir des convertisseurs des alimentations et à produire des signaux représentatifs des courants détectés, un dispositif de comparaison des signaux des dispositifs de détection à des niveaux prédéterminés, destinés à créer des signaux de décision, et un dispositif de commande lui-même commandé par les signaux de décision et destiné à appliquer les signaux de pilotage aux convertisseurs afin que ceux-ci soient inactivés.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel le dispositif de détection comprend un dispositif d'isolement destiné à supprimer le bruit des signaux produits par le dispositif de détection.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu comprenant deux électrodes de soudage destinées à être placées de part et d'autre des pièces à souder, plusieurs alimentations comprenant chacune un dispositif redresseur, un convertisseur, un transformateur de soudage et un redresseur et destinées à transmettre un courant de soudage produit par les redresseurs aux électrodes de soudage, un dispositif de détection destiné à produire des signaux détectés représentatifs du fonctionnement des convertisseurs recevant des signaux de pilotage de commutation, un dispositif destiné à comparer les signaux détectés aux signaux de pilotage de commutation et à produire des signaux d'action de distorsion représentant les actions de distorsion des transformateurs de soudage, et un dispositif de commande commandé par les signaux d'action de distorsion et destiné à régler les flancs antérieurs des signaux respectifs de pilotage de commutation afin que la synchronisation des flancs postérieurs soit égalisée.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu dans lequel le dispositif

de commande comporte un générateur de signaux d'horloge destiné à créer un signal d'horloge, un générateur de signaux en dents de scie destiné à créer un signal en dents de scie à partir du signal d'horloge, et un comparateur
5 destiné à comparer les signaux d'action de distorsion au signal en dents de scie et à créer des signaux de pilotage de commutation ayant des durées d'impulsions déterminées par les signaux d'action de distorsion formant un niveau de seuil et des flancs postérieurs d'impulsions égalisés par
10 synchronisation.

L'invention concerne un appareil de soudage par résistance comprenant un pistolet de soudage destiné à chevaucher des pièces à souder, un ensemble d'alimentation comprenant un dispositif redresseur, un convertisseur, un
15 transformateur de soudage et un redresseur et destiné à transmettre un courant de soudage produit par le redresseur au pistolet de soudage, un dispositif de détection destiné à créer un signal détecté correspondant à la forme d'onde de sortie du convertisseur, un dispositif de détection de
20 courant aux flancs antérieur-postérieur, destiné à créer des signaux de courant aux flancs antérieur et postérieur du signal détecté, un dispositif de commande destiné à appliquer un signal de commande au dispositif de détection de courant aux flancs antérieur-postérieur, et un disposi-
25 tif de calcul destiné à créer un signal de courant différentiel représentatif d'un changement de la résistance des pièces lorsque le courant de soudage y circule, à partir des signaux en courant des flancs antérieur et postérieur du signal détecté, et à appliquer le signal de courant
30 différentiel au dispositif de commande.

L'invention concerne aussi un appareil de soudage par résistance en courant continu qui comporte en outre un dispositif de désexcitation destiné à arrêter le courant de soudage transmis au pistolet de soudage lorsque le signal
35 de courant différentiel appliqué par le dispositif de calcul au dispositif de commande a une valeur prédéterminée.

D'autres caractéristiques et avantages de

l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est un schéma en partie sous forme de
5 diagramme synoptique, d'un circuit électrique d'un appareil classique de soudage par résistance en courant continu ;

la figure 2 est une vue schématique d'un ensemble à robot de soudage comprenant un appareil de soudage par résistance en courant continu dans un mode de réalisation
10 de l'invention ;

la figure 3 est un schéma, en partie sous forme de diagramme synoptique, d'un circuit électrique de l'appareil de soudage par résistance en courant continu représenté sur la figure 2 ;

la figure 4 est un ordinogramme d'une séquence d'opérations de l'appareil de soudage par résistance en courant continu ;

les figures 5 à 7 sont des schémas, en partie sous forme de diagrammes synoptiques, de circuits électriques
20 d'un appareil de soudage par résistance en courant continu selon d'autres modes de réalisation de l'invention ;

la figure 8 est un circuit en partie sous forme de diagramme synoptique d'un circuit électrique d'un appareil de soudage par résistance en courant continu d'un autre
25 mode de réalisation de l'invention ;

les figures 9(a) à 9(d) sont des graphiques illustrant le fonctionnement d'un appareil de soudage par résistance en courant continu tel que représenté sur la figure 8 ;

les figures 10 et 11 sont des schémas, en partie sous forme de diagrammes synoptiques, de circuits électriques d'un appareil de soudage par résistance en courant continu dans d'autres modes de réalisation de l'invention ;

la figure 12 est un schéma, en partie sous forme de
35 diagramme synoptique, d'un circuit électrique d'un appareil de soudage par résistance en courant continu selon un autre mode de réalisation de l'invention ;

la figure 13 est un diagramme synoptique d'un détecteur de courant anormal incorporé à l'appareil de soudage par résistance en courant continu représenté sur la figure 12 ;

5 la figure 14 est un schéma montrant comment des courants continus sont tirés de l'appareil de soudage par résistance en courant continu de la figure 12 ;

la figure 15 est un ordinogramme d'un programme d'un organe de commande d'installation d'un appareil de soudage
10 par résistance en courant continu représenté sur la figure 12 ;

la figure 16 est un diagramme synoptique d'un appareil de soudage par résistance en courant continu dans un autre mode de réalisation de l'invention ;

15 la figure 17 est un diagramme synoptique d'un générateur d'impulsions de pilotage de base de l'appareil de soudage par résistance en courant continu de la figure 16 ;

les figures 18(a) à 18(d) sont des graphiques représentant des formes d'onde de signaux et leur synchronisation, illustrant le fonctionnement d'un appareil de soudage
20 par résistance en courant continu tel que représenté sur les figures 16 et 17 ;

la figure 19 est un diagramme synoptique d'un appareil de soudage par résistance en courant continu dans un
25 autre mode de réalisation de l'invention ; et

les figures 20(a) à 20(f) sont des formes d'onde de signaux et de synchronisation illustrant le fonctionnement de l'appareil de soudage par résistance en courant continu représenté sur la figure 19.

30 Les parties analogues ou correspondantes sont repérées par des références numériques analogues sur les diverses figures.

La figure 2 représente schématiquement une installation à robot de soudage comprenant un appareil de soudage
35 par résistance en courant continu selon l'invention. L'installation à robot de soudage comporte essentiellement un robot 20 de soudage, un organe 21 de commande de robot, et

un organe 22 de commande de soudage. Le robot 20 comporte un premier bras 26 monté sur une base 24 afin qu'il puisse tourner dans les sens indiqués par les flèches, et un second bras 30 ayant une première extrémité articulée à l'extrémité supérieure du premier bras 26, le second bras 30 étant mobile verticalement dans les sens indiqués par les flèches, sous la commande d'un vérin 27 supporté par le premier bras 26. Le vérin 27 peut être un vérin hydraulique ou analogue.

10 Un ensemble 34 à pistolet est monté à l'autre extrémité du second bras 30 par l'intermédiaire d'un arbre rotatif 32. L'ensemble 34 à pistolet comporte un ensemble 36 à transformateur de soudage, une équerre 38 fixée à l'ensemble 36, un vérin 40 fixé à la surface supérieure de l'équerre 38, et un bras fixe 44 et un bras mobile 46 de pistolet qui sont supportés par l'équerre 38 au niveau d'un arbre 42 d'articulation monté pratiquement au centre sur l'équerre 38. Des électrodes 48a, 48b sont montées aux extrémités externes des bras fixe et mobile 44, 46. L'ensemble 34 à pistolet est mobile angulairement sous la commande de l'arbre rotatif 32 dans les sens indiqués par les flèches. Le bras mobile 46 du pistolet peut se rapprocher du bras fixe 44 et s'en écarter, dans les sens des flèches A, B, sous la commande d'un vérin 40 qui peut être commandé par une pression pneumatique ou analogue. Le premier bras 26, le vérin 27, le second bras 30 et l'arbre rotatif 32 sont raccordés électriquement à l'organe 21 de commande de robot par un câble 41. Le vérin 40 et l'ensemble 36 à transformateur de soudage sont reliés à l'organe 22 de commande de soudage par un câble 43. L'organe 22 de commande de soudage est relié électriquement à l'alimentation alternative triphasée 64 par un câble 45 et à l'organe 21 de commande de robot par un câble 47. L'organe 21 de commande de robot commande l'attitude du robot 20 en fonction de données enseignées, et donne une commande de début de soudage à l'organe 22 de commande de soudage. Ce dernier règle les conditions de soudage telles que

l'intensité et le temps d'excitation par un courant de soudage qui est transmis par les électrodes 48a, 48b aux pièces Wa, Wb.

La figure 3 représente un circuit électrique de réglage des conditions de soudage de l'appareil de soudage par résistance en courant continu.

Le circuit électrique représenté sur la figure 3 comporte de façon générale l'organe 22 de commande de soudage et l'ensemble 36 à transformateur de soudage. L'organe 22 de commande de soudage comprend un ensemble redresseur de puissance 50 et un ensemble de commande 52. L'ensemble redresseur 50 comporte une unité de redressement 56 ayant quatre redresseurs 54a à 54d destinés à transformer l'énergie électrique alternative triphasée en énergie électrique en courant continu, et un ensemble convertisseur 60 ayant quatre convertisseurs 58a à 58d destinés à transformer l'énergie électrique en courant continu en un train d'impulsions alternatives à haute fréquence. L'ensemble 52 de commande est essentiellement composé d'une minuterie principale 53 de soudage constituant un dispositif principal de commande et deux minuteries auxiliaires de soudage 55a à 55d constituant un dispositif auxiliaire de commande.

Les redresseurs 54a à 54d comportent des empilements 62a à 62d de diodes de redressement dont les bornes d'entrée reçoivent l'énergie électrique alternative du commerce ayant une tension de 400 V dans le cas d'une alimentation en courant alternatif triphasé 64. L'énergie électrique alternative du commerce est redressée par les empilements 62a à 62d de diodes et est lissée dans des organes 64a à 64d à réactance et des condensateurs 66a à 66d des redresseurs 54a à 54d. Des tensions continues V1 à V4 redressées et lissées par les redresseurs 54a à 54d sont alors appliquées aux bornes d'entrée des convertisseurs 58a à 58d. Chaque convertisseur 58a à 58d comprend un pont complet de résistances.

Les redresseurs 58a à 58d ont des bornes respectives de sortie connectées aux primaires 70a à 70d de quatre

transformateurs de soudage 68a à 68d de l'ensemble 36 à transformateurs de soudage, ayant aussi des secondaires 72a à 72d respectivement. Les noyaux 73 à 73d des transformateurs et une électrode 75 de blindage électrostatique sont placés entre les primaires 70a à 70d et les secondaires 72a à 72d. Les secondaires 72a à 72d ont des bornes de sortie connectées aux extrémités, par exemple des anodes, de paires de diodes de redressement 74a à 74h dont les autres extrémités, c'est-à-dire les cathodes, sont connectées mutuellement dans les paires respectives associées aux transformateurs respectifs de soudage 68a à 68d. Les connexions auxquelles les cathodes des paires de diodes 74a à 74h sont connectées sont elles-mêmes reliées à des détecteurs de courant 75a à 75b respectivement, tels que des transformateurs de courant ou des dispositifs à effet Hall destinés à contrôler les courants I1 à I4 des dérivations. Les détecteurs de courant 75a à 75d sont alors reliés en commun à l'électrode de soudage 48a par l'intermédiaire du bras fixe 44.

Les secondaires 72a à 72d ont des prises centrales respectives 78a à 78d qui sont connectées en commun à l'autre électrode de soudage 48b par un détecteur de courant 80 tel qu'un transformateur de courant ou un dispositif à effet Hall destiné à contrôler le courant I0 de soudage dans les secondaires et aussi dans le bras mobile 46 du pistolet. Les pièces Wa, Wb sont positionnées et maintenues entre les électrodes 48a, 48b. Le courant de soudage de I0 est donc transmis aux électrodes 48a, 48b par le circuit composé de circuits redresseurs monophasés montés en parallèle, ayant des prises centrales.

L'ensemble 36 à transformateurs de soudage est composé de quatre transformateurs de soudage 68a à 68d, à cause des spécifications électriques telles que les capacités en courant des diodes de redressement 74a à 74h qui transmettent le courant de soudage, des spécifications électriques telles que les capacités en courant des transistors de puissance montés en pont des convertisseurs 58a

à 58d, et des spécifications mécaniques telles que le poids de l'ensemble 34 à pistolet supporté par le second bras 30 du robot de soudage 20. Les transformateurs séparés de soudage sont plus avantageux qu'un seul transformateur de soudage car les composants à semi-conducteur, tels que les transistors et les diodes, ont une dimension réduite, les trajets magnétiques passant par les primaires et les secondaires dans les noyaux des transformateurs étant plus courts et les transformateurs eux-mêmes étant plus petits et plus légers car les noyaux ont de plus grandes sections d'émission de chaleur.

Un signal de sortie du détecteur 80 de courant, c'est-à-dire un signal proportionnel au courant de soudage IO, est transmis à la minuterie principale de soudage 53 (dispositif principal de commande) qui contrôle le courant de soudage IO et transmet un signal de rétroaction permettant la commande. La minuterie principale 53 de soudage comprend un microprocesseur à un seul circuit paillette comprenant une unité centrale de traitement CPU, une mémoire morte ROM, une mémoire à accès direct RAM et un circuit d'interface, et elle constitue un organe de commande, l'installation assurant la commande de la séquence de fonctionnement pendant le soudage. Une unité 82 de réglage de conditions qui détermine les conditions de soudage telles que le courant de soudage, la durée d'excitation, etc., et un circuit d'interface 84 couplé à l'organe 21 de commande de robot sont connectés à la minuterie principale 53 de soudage. La minuterie principale 53 de soudage et l'organe 21 de commande de robot coopèrent pour la mise en oeuvre d'une opération synchronisée.

Les signaux de sortie des détecteurs de courant 76a à 76d sont appliqués aux convertisseurs 58a à 58d respectivement par l'intermédiaire de minuteries auxiliaires 55a à 55d de soudage qui constituent des dispositifs de commande auxiliaire de soudage et comportent des dispositifs formant minuterie et des circuits de pilotage de bases destinés à exciter les bases des transistors montés en pont et

appartenant aux convertisseurs 58a à 58d. Les minuterie
auxiliaires 55a à 55d de soudage sont connectées à la minu-
terie principale 53 de soudage.

Chacune des minuterie auxiliaires 55a à 55d com-
5 porte un microprocesseur à un seul circuit paillette, ayant
une unité centrale de traitement CPU, une mémoire morte
ROM, une mémoire à accès direct RAM et un circuit d'inter-
face, et comprenant des circuits de modulation par impul-
sions de largeur variable (PWM) ayant une fréquence fixe.
10 Des minuterie auxiliaires 55a à 55d commandent l'installa-
tion de soudage en fonction de la minuterie principale 53
de soudage.

L'appareil de soudage par résistance en courant
continu selon l'invention a essentiellement la construction
15 décrite précédemment. Le fonctionnement et les avantages de
l'appareil de soudage par résistance en courant continu
sont maintenant décrits en référence à l'ordinogramme de la
figure 4 qui représente un algorithme d'un programme con-
servé dans la mémoire morte de la minuterie principale 53
20 et des minuterie auxiliaires 55a à 55d ainsi que dans une
mémoire morte de l'organe 22 de commande de robot.

Le vérin 40 (figure 2) est commandé par l'organe 22
de commande de soudage afin qu'il déplace le bras mobile 46
dans le sens de la flèche A et maintienne ainsi les élec-
25 trodes 48a, 48b à distance l'une de l'autre. Ensuite, le
premier bras 26 et le vérin 27 sont commandés afin qu'ils
déplacent verticalement le second bras 30 et fassent
tourner l'arbre rotatif 32 en fonction de données
enseignées conservées dans l'organe 21 de commande de
30 robot, jusqu'à ce que le bras fixe 44 et le bras mobile 46
du pistolet soient déplacés dans une position de serrage
des pièces Wa, Wb, dans une étape STP1.

Ensuite, une commande de début de soudage est appli-
quée par l'organe 21 de commande de robot à la minuterie
35 principale 53 de soudage par le circuit 84 d'interface de
l'organe 22 de commande de soudage. Des commandes pres-
crites de soudage qui sont représentatives d'un courant de

soudage et d'une durée d'excitation, dépendant de l'épaisseur et du matériau des pièces Wa, Wb, sont transmises par l'ensemble 82 de réglage de conditions à la minuterie principale 53, à la suite de la commande de début de soudage, dans une étape STP2.

D'après les commandes de soudage ainsi appliquées, la minuterie principale 53 lit des données correspondant au courant de soudage I0 des pièces Wa, Wb, dans sa propre mémoire RAM, et calcule les courants de consigne i1 à i4 correspondant aux courants de soudage I1 à I4 des dérivations qui doivent être produits par les convertisseurs respectifs 58a à 58d, chacun des courants de consigne i1 à i4 étant égal au quart du courant de soudage I0, au pas STP3.

Ensuite, le vérin 40 est commandé afin qu'il déplace le bras mobile 46 dans le sens de la flèche B et mette les électrodes 48a à 48b en butée contre les pièces Wa, Wb respectivement. Les pièces Wa, Wb commencent à être mises initialement sous une pression initiale lue dans la mémoire, au pas STP4.

Ensuite, la minuterie principale 53 lit des données correspondant au temps d'excitation t0 dans la mémoire à accès direct RAM et transmet les intensités de consigne de courant de soudage i1 à i4 et une commande de début d'excitation aux minuterieauxiliaires 55a à 55d au pas STP5.

Les minuterieauxiliaires 55a à 55d de soudage commandent alors l'excitation de l'ensemble 36 à transformateurs de soudage au pas STP7. Plus précisément, les minuterieauxiliaires 55a à 55d excitent simultanément les convertisseurs 58a à 58d d'après les courants de consigne de soudage i1 à i4. En d'autres termes, les convertisseurs 58a à 58d commencent à être excités en synchronisme par les minuterieauxiliaires respectives 55a à 55d de soudage.

Les courants alternatifs à haute fréquence, ayant une fréquence de 800 Hz par exemple, provenant des convertisseurs 58a à 58d, sont transférés des primaires 70a à 70d aux secondaires 72a à 72d des transformateurs de soudage

68a à 68d, puis redressés par les paires de diodes 74a à 74d qui sont connectées aux bornes de sortie des enroulements secondaires 72a à 72d. Ensuite, les courants redressés sont ajoutés les uns aux autres et transmis sous
5 forme du courant I0 de soudage entre les électrodes 48a, 48b. Les minuterie auxiliaires 55a à 55d, qui ont un dispositif de commande par rétroaction tel que des comparateurs-amplificateurs, comparent les signaux correspondant aux courants des dérivation I1 à I4 provenant des
10 détecteurs 76a à 76d aux courants nominaux i1 à i4 provenant de la minuterie principale 53, et assurent la modulation par impulsions de largeur variable des courants qui doivent être appliqués aux bases des transistors des convertisseurs 58a à 58d afin que les courants I1 à I4 des
15 dérivation soient réglés par rétroaction. En conséquence, les courants I1 à I4 sont rendus égaux aux courants nominaux respectifs i1 à i4 et sont transmis sous forme de courants constants combinés les uns aux autres aux pièces Wa, Wb par les détecteurs respectifs de courant 76a à 76d.

20 La minuterie principale 53 de soudage reçoit un signal correspondant au courant de soudage I0 provenant du détecteur 80 qui contrôle le courant de soudage I0 circulant entre les pièces Wa, Wb. Lorsque le détecteur 80 détecte un courant anormal, la minuterie principale 53
25 transmet un signal de commande de fin d'excitation aux minuterie auxiliaires 55a à 55d, et transmet aussi un signal d'erreur de soudage sous forme d'un signal synchronisé à l'organe de commande de robot 21 par l'intermédiaire du circuit d'interface 84. Plus précisément, si le courant
30 de soudage I0 se trouve dans une plage prédéterminée correspondant à une valeur de commande du courant de soudage I0 au pas STP8, le pas STP9 détermine si le temps t0 d'excitation prédéterminée a été atteint ou non. Si ce temps t0 a été atteint, la minuterie principale 53 applique alors
35 une commande de fin d'excitation aux minuterie auxiliaires 55a à 55d, au pas STP10. Ensuite, les minuterie auxiliaires 55a à 55d cessent simultanément de transmettre des

courants de base aux transistors des convertisseurs 58a à 58d, au pas STP11. Ainsi, les convertisseurs 58a à 58d pilotés par les minuterie auxiliaires respectives 55a à 55d sont désexcités en synchronisme par la minuterie principale 53. L'alimentation des pièces Wa, Wb en courant de soudage IO est alors interrompue.

Les pièces Wa, Wb restent serrées et maintenues entre des bras fixe et mobile 44, 46 pendant une certaine période dans laquelle le courant de soudage IO n'est pas transmis, au pas STP12. Pendant ce temps, une zone fondue (non représentée) formée entre les pièces Wa, Wb se solidifie pratiquement en totalité et raccorde les pièces Wa, Wb l'une à l'autre. Ensuite, un signal de fin d'opération de soudage est appliqué par la minuterie principale 53 à l'ensemble 34 comprenant le pistolet, et le bras mobile 46 de ce dernier est déplacé dans le sens de la flèche A, à distance du bras fixe 44 par le vérin 40. Les pièces Wa, Wb sont écartées des bras 44, 46 et l'opération de soudage est terminée au pas STP13.

Dans le mode de réalisation précité (appelé aussi dans la suite "premier mode de réalisation"), comme les convertisseurs 58a à 58d sont montés en parallèle les uns avec les autres et comme les transformateurs 68a à 68d sont aussi connectés en parallèle, l'ensemble 34 à pistolet peut avoir une faible dimension et un faible poids. En conséquence, le robot 20 de soudage auquel est fixé l'ensemble 34 sur le second bras 30 ne subit pas une réduction de durabilité. L'ensemble 36 à pistolet peut se déplacer dans un plus grand espace, car les pièces Wa, Wb et le pistolet 36 de dimensions réduites risquent moins de se heurter physiquement.

Etant donné que la charge appliquée au second bras 30 est réduite, les bras 26, 30 du robot 20 peuvent se déplacer à une plus grande vitesse si bien que la durée de chaque cycle de soudage est raccourcie. Comme chacun des transistors des convertisseurs 58a à 58d a une capacité réduite de transmission de courant, il n'est pas nécessaire

que les transistors soient montés en parallèle les uns avec les autres. Ceci est avantageux car les transistors n'ont pas à être triés afin que leur capacité en courant soit bien équilibrée, cet équilibrage devant être pris en considération lorsqu'ils sont connectés en parallèle. Ainsi, l'ensemble convertisseur 60 a un fonctionnement très stable. Si l'un quelconque des convertisseurs 58a à 58d est en panne, il peut être facilement remplacé par un autre. Ainsi, l'ensemble convertisseur 60 peut facilement être réparé à la suite d'un défaut de fonctionnement provoqué par une panne de l'un quelconque des convertisseurs 58a à 58d.

Dans le premier mode de réalisation de l'invention, les minuterieauxiliaires 55a à 55d renvoient les courants I1 à I4 afin que le courant de soudage reste constant. Cependant, les courants renvoyés ne peuvent pas être détectés au côté de sortie des transformateurs 68a à 68d, mais ils peuvent être détectés à un autre endroit. Par exemple, les détecteurs 76a à 76d peuvent être connectés aux bornes d'entrée des convertisseurs 58a à 58d comme représenté sur la figure 5 dans un second mode de réalisation, ou aux bornes de sortie des convertisseurs 58a à 58d comme représenté sur la figure 6 dans un troisième mode de réalisation. Le second et la troisième mode de réalisation représentés sur les figures 5 et 6 sont avantageux au point de vue de la fabrication car les détecteurs 76a à 76d peuvent être câblés dans l'organe 22 de commande de soudage et non dans le robot 22.

Dans les trois premiers modes de réalisation qui précèdent, les minuterieauxiliaires 55a à 55d ont des dispositifs de commande par rétroaction, par exemple à comparateur-amplificateur, et la minuterie principale 53 contrôle le courant de soudage I0 pour déterminer une condition anormale, mais n'assure pas la commande par rétroaction. En conséquence, la somme des courants de dérivation I1 à I4 n'a pas obligatoirement une intensité égale au courant de soudage I0 étant donné la présence des capacités

parasites dans les bras 44, 46. Lorsqu'il faut un réglage plus précis du courant de soudage I0, un dispositif de commande par rétroaction, par exemple à comparateur-amplificateur peut être ajouté à la minuterie principale 53
5 représentée sur les figures 3 à 5, dans un quatrième mode de réalisation, afin que le courant de soudage I0 puisse être réglé avec une meilleure précision par réglage par rétroaction correspondant à une valeur commandée du courant.

10 Dans un cinquième mode de réalisation de l'invention tel que représenté sur la figure 7, aucune commande par rétroaction n'est assurée par les minuterie auxiliaires 55a à 55d, mais un dispositif de commande par rétroaction est ajouté à la seule minuterie principale 53 qui règle le
15 courant de soudage I0. Dans cette disposition, les courants circulant dans les transistors des convertisseurs 58a à 58d ne sont pas rendus égaux, et les courants circulant dans les diodes 74a à 74h ne sont pas égaux les uns aux autres. Cependant, ces courants peuvent être rendus égaux par
20 sélection des transistors et des diodes qui ont des spécifications et des caractéristiques donnant des marges suffisantes ou par utilisation de spécifications et de caractéristiques identiques.

Dans un sixième mode de réalisation, les éléments
25 des convertisseurs 58a à 58d et ceux de l'ensemble 36 à transformateurs de soudage sont triés afin que les performances et spécifications soient proches ou que les performances et spécifications correspondent à des marges suffisantes, comme dans le cinquième mode de réalisation
30 précédent, et le dispositif de commande par rétroaction composé des détecteurs de courant 76a à 76d, 80, de la minuterie principale 53 et des minuterie auxiliaires 55a à 55d est supprimé. Dans le sixième mode de réalisation, une commande par rétroaction du courant I0 de soudage est
35 réalisée, mais ce courant I0 est transmis par simple commande directe.

Dans les six premiers modes de réalisation, le cou-

rant de soudage transmis aux électrodes est produit par un circuit d'alimentation en courant qui est constitué par des circuits redresseurs montés en parallèle et comprenant chacun un transformateur de soudage et des redresseurs.

5 Cette disposition rend possible l'utilisation d'un courant de soudage relativement intense, transmis aux pièces, et permet aussi la réalisation du pistolet de soudage avec un faible encombrement et un faible poids, si bien que l'appareil de soudage par résistance en courant continu donne un

10 bon accès lors de l'entretien.

Un appareil de soudage par résistance en courant continu selon un septième mode de réalisation de l'invention est maintenant décrit en référence aux figures 8 et 9. Dans le septième mode de réalisation, le temps pendant

15 lequel les composants à semi-conducteur tels que les transistors des convertisseurs, conduisent, est contrôlé afin que les composants à semi-conducteur utilisés puissent transmettre des courants supérieurs à la plage continue des courants nominaux, si bien qu'un courant intense de soudage

20 peut être transmis aux pièces. Le septième mode de réalisation n'est pas limité à la connexion en parallèle des convertisseurs et des transformateurs de soudage.

Comme représenté sur la figure 8, l'appareil de soudage par résistance comporte essentiellement un ensemble

25 redresseur 122 destiné à transformer l'énergie électrique triphasée provenant de l'alimentation 120 en énergie électrique en courant continu, une unité formant convertisseur 124 destinée à transformer l'énergie électrique en courant continu du redresseur 122, un transformateur de sortie 128

30 constituant un transformateur de soudage destiné à changer la tension de l'ensemble convertisseur 124 à une valeur différente, un circuit 130 de pilotage de base destiné à transmettre des courants de base modulés par impulsions de

35 en pont, tels que des transistors de puissance 136a à 136d de l'ensemble convertisseur 124, un circuit de commande 132 et un circuit formant minuterie 140. Les courants de base

transmis par le circuit 130 de pilotage ont une valeur suffisamment grande pour que les courants de collecteur des transistors 136a à 136d soient supérieurs à une plage continue de courants continus nominaux.

5 Le circuit 140 à minuterie comporte une porte ET 141, un oscillateur 142 destiné à créer un signal pulsé ayant une fréquence supérieure à celle de l'énergie électrique alternative à haute fréquence produite par l'ensemble convertisseur 124, un compteur 144, un ensemble 146
10 de pré réglage du compteur 144. Le circuit 132 de commande transmet au circuit 140 à minuterie un signal T_m à fenêtre de synchronisation qui est synchrone avec le temps de conduction des transistors 136a à 136d qui sont pilotés par le circuit 130. A la suite du signal à fenêtre de synchronisa-
15 tion T_m , le compteur 144 compte le temps d'excitation. Si le temps compté de conduction devient supérieur à un nombre pré réglé établi par l'unité 146, le circuit 140 applique un signal de sortie T_{off} au circuit 130 de pilotage de base qui interrompt alors les courants de base transmis aux
20 transistors 136a à 136d.

L'ensemble redresseur 122 comporte une pile de diodes redresseuses 134a, un composant réactif 134b et un condensateur 134c. Le transformateur de sortie 128 comprend un primaire 152, un noyau 154 de transformateur et un
25 secondaire 156 ayant une prise centrale 157. Le secondaire 156 est connecté à ses extrémités opposées aux bornes des redresseurs 131a, 131b dont les autres sorties sont connectées en commun à une électrode de soudage 158a. La prise centrale 157 du secondaire 156 est connectée à une élec-
30 trode de soudage 158b. Les pièces W_a , W_b sont maintenues entre les électrodes de soudage 158a, 158b.

On décrit maintenant le fonctionnement et les avantages de l'appareil de soudage par résistance en courant continu du septième mode de réalisation ainsi construit.

35 Les pièces W_a , W_b sont serrées entre les électrodes de soudage 158a, 158b et mises initialement sous pression. L'énergie électrique alternative triphasée de l'alimen-

tation triphasée 120 est transformée par l'empilement de diodes redresseuses 134a, le composant réactif 134b et le condensateur 134c du redresseur 122, en énergie électrique en courant continu qui est appliquée à l'ensemble convertisseur 124.

Le circuit 130 de pilotage de base reçoit un signal T_m à porte de synchronisation (voir figure 9(a)) à partir du circuit 132 de commande et amplifie ce signal T_m en courants de base suffisamment intenses pour qu'ils excitent les transistors 136a à 136d montés sous forme d'un pont dans le circuit convertisseur 124. Les courants de base sont transmis aux transistors respectifs 136a à 136d afin que ces transistors conduisent et ne conduisent pas successivement. Le courant continu transmis à l'ensemble convertisseur 124 est alors mis sous forme d'énergie électrique alternative.

L'énergie alternative produite par le convertisseur 124 parvient alors au primaire 152 du transformateur 128 de sortie qui transmet de l'énergie électrique alternative à une tension différente au secondaire 156. L'énergie alternative du secondaire 156 est redressée dans les redresseurs 131a, 131b sous forme d'énergie continue qui est ensuite appliquée aux pièces W_a , W_b par les électrodes de soudage 158a, 158b.

Comme décrit précédemment pour la technique antérieure, les transistors de l'ensemble convertisseur de l'appareil classique de soudage par résistance en courant continu sont réalisés de manière qu'ils travaillent dans une plage nominale continue. Si les signaux de sortie du circuit de pilotage de base gardent un niveau correspondant à l'état de conduction des transistors et en conséquence si les transistors restent conducteurs, ils ne peuvent pas être détruits ou détériorés lorsqu'ils restent entre les limites thermiques prévues. En conséquence, le niveau réel de l'énergie électrique appliquée à l'ensemble convertisseur doit être maintenu dans la plage nominale continue. L'appareil classique de soudage par résistance en courant

continu n'a pas pu être utilisé dans les applications nécessitant la transmission d'un courant intense à une machine de soudage.

L'inventeur a constaté que, dans une machine de soudage par résistance par points en courant continu, le temps (facteur d'utilisation) pendant lequel un courant circule entre les électrodes de soudage est bien inférieur au temps pendant lequel la machine de soudage par résistance par points en courant continu travaille. Par exemple, lors du soudage de pièces d'aluminium, le temps pendant lequel un courant est transmis aux électrodes est d'environ 15 cycles (par exemple 0,3 s), et son rapport au temps de fonctionnement de la machine de soudage, comprenant le temps pendant lequel les électrodes sont excitées et les pièces sont déplacées, est d'environ 10 %. Si l'on suppose que le convertisseur est commuté à une fréquence de 800 Hz, le temps pendant lequel l'un des transistors du convertisseur est rendu conducteur est égal à 0,625 ms au maximum et il reste non conducteur au-delà de cette période. On sait que les composants à semi-conducteur tels que les transistors de puissance, lorsqu'ils sont utilisés comme éléments de commutation d'un circuit convertisseur, peuvent consommer un courant intense par rapport à la plage nominale continue. En conséquence, les composants à semi-conducteur du convertisseur d'une machine de soudage par résistance par points peuvent être utilisés avec un courant de commutation supérieur à celui de la plage nominale continue. Cependant, dans ce cas, lorsque l'opération de commutation est interrompue et lorsque les composants à semi-conducteur restent conducteurs, ils ont tendance à être détériorés. Le convertisseur nécessite donc un circuit de protection des composants à semi-conducteur contre les détériorations.

Le circuit à minuterie 140 est ajouté pour la protection des transistors 136a à 136d. Le circuit 132 de commande transmet aux transistors 136a à 136d les signaux en courant (signaux de pilotage de base) par l'intermédiaire du circuit 130 de pilotage. Lorsqu'un signal de

porte de synchronisation T_m (voir figure 9(a)) qui est synchronisé sur le temps de conduction des transistors 136a à 136b, est appliqué au circuit 140 à minuterie, la porte ET 141 est préparée pendant un intervalle à niveau élevé correspondant au temps de conduction si bien que l'impulsion de sortie S1 (voir figure 9(b)) peut passer de l'oscillateur 142 à la porte ET 141. Le signal pulsé qui a circulé dans la porte ET 141 est appliqué sous forme d'un signal pulsé S2 (voir figure 9(c)) au compteur 144 qui commence alors à compter le signal pulsé S2. Le compteur 144 mesure alors le temps de conduction des transistors 136a à 136d. Lorsque le temps mesuré dépasse le temps t_1 pré-réglé dans l'unité 146 au temps t_1 , le circuit 140 de minutage produit le signal de sortie Toff (voir figure 9(d)). Le signal Toff est appliqué au circuit 130 de pilotage de base afin qu'il arrête les courants de base transmis par le circuit 130 de pilotage aux transistors 136a à 136d. Ainsi, dans le cas où le temps de conduction des transistors 136a à 136d dépasse un temps prédéterminé, les transistors 136a à 136d sont rendus obligatoirement non-conducteurs afin qu'ils soient protégés contre les détériorations.

Le compteur 144 commence à compter les impulsions à la suite d'un flanc du signal T_m allant vers les valeurs positives, et il cesse de compter les impulsions et est remis à zéro à la suite du flanc du signal T_m allant vers les valeurs négatives, appliqué à une borne de remise à zéro du compteur 144.

Dans le mode de réalisation précédent, le temps correspondant à l'état de conduction des transistors 136a à 136d est détecté en fonction des signaux de pilotage de base (c'est-à-dire du signal T_m) provenant du circuit 130 de pilotage. Dans un huitième mode de réalisation de l'invention cependant, le temps réel de conduction des transistors 136a à 136d peut être détecté comme représenté sur la figure 10. Plus précisément, un détecteur 160 de courant comprenant un dispositif à effet Hall ou analogue est con-

necté à la borne de sortie du convertisseur 124. Un signal de sortie du détecteur 160 est traité dans un circuit conformateur 162 afin qu'il soit mis sous forme d'une onde ayant un niveau qui permet la préparation de la porte ET 141. Le signal de sortie du détecteur 160 est appliqué à la porte ET 141 et à la borne de remise à zéro du compteur 144. Dans cette disposition, le circuit 140 à minuterie peut contrôler le temps réel de conduction des transistors 136a à 136d.

La figure 11 représente un neuvième mode de réalisation dans lequel deux détecteurs 160 de courant sont connectés aux bornes d'entrée du convertisseur 124, les deux circuits conformateurs 162 sont connectés aux détecteurs respectifs de courant 160. Les signaux de sortie de circuits conformateurs 162 sont appliqués aux circuits 140 de minutage par un commutateur électronique 164 tel qu'un circuit multiplicateur qui est commuté chaque fois qu'un flanc du signal T_m allant vers les valeurs positives est appliqué par le circuit de commande 132 au commutateur électronique 164. Le circuit 140 à minuterie peut ainsi mesurer le temps réel de conduction des transistors 136a à 136d.

Dans les modes de réalisation décrits précédemment du septième au neuvième, le temps de conduction des composants à semi-conducteur du convertisseur est contrôlé par le circuit à minuterie. Lorsque les composants à semi-conducteur conduisent pendant une période supérieure à une période prédéterminée, ils sont mis obligatoirement à un état non conducteur. En conséquence, les composants à semi-conducteur peuvent être utilisés dans une plage nominale de commutation et peuvent transmettre au robot de soudage un courant de soudage qui est deux à trois fois supérieur à celui qu'il transmettrait s'il travaillait dans la plage nominale classique continue.

Un appareil de soudage par résistance en courant continu selon un dixième mode de réalisation de l'invention est maintenant décrit en référence aux figures 12 à 15.

Dans le dixième mode de réalisation, des défaillances telles qu'une réduction du courant de sortie ou un courant excessif dans les redresseurs parallèles sont détectées individuellement et tous les redresseurs sont rapidement
5 arrêtés à la suite de la détection d'une telle défaillance.

Comme représenté sur la figure 12, l'appareil de soudage par résistance en courant continu comporte un dispositif 210 destiné à commuter par tout ou rien l'énergie électrique alternative triphasée ayant une tension de 400 V
10 et des alimentations connectées en parallèle, A, B, C, D. Les alimentations A, B, C, D respectivement ont des redresseurs 212a à 212d, des convertisseurs 214a à 214d, des transformateurs de soudage 216a à 216d, et des redresseurs 218a à 218d. L'énergie continue E1 qui est la somme des
15 courants de sortie des redresseurs 218a à 218d est transmise à un pistolet de soudage 220. Ce dernier a deux extrémités de soudage 220a, 220b destinées à serrer les pièces 222 entre elles.

Des circuits 226a à 226d de pilotage de base sont
20 connectés respectivement aux convertisseurs 214a à 214d afin qu'ils transmettent les courants de pilotage aux bases des transistors Tr1, Tr2, Tr3, Tr4 de commutation qui sont connectés en pont. Les circuits de pilotage 226a à 226d travaillent par modulation par impulsions de largeur
25 variable afin qu'ils fassent varier les temps de présence et d'absence des impulsions, avec une fréquence fixe.

Un organe 230 de commande d'installation comporte un microprocesseur à un seul circuit paillette (minuterie de soudage) comprenant une unité centrale de traitement CPU,
30 une mémoire à accès direct RAM, une mémoire morte ROM, un circuit d'entrée-sortie et un circuit de modulation par impulsions de largeur variable. L'organe 230 de commande de l'installation est connecté à un ensemble central de commande formant dispositif de pré-réglage, comprenant un ordi-
35 nateur destiné à une installation de commande numérique en boucle fermée, et il assure la commande de la séquence de soudage.

De l'énergie triphasée à 400 V est redressée par les redresseurs 212a à 212d en énergie en courant continu qui est alors mise sous forme d'impulsions à haute fréquence (aussi appelée énergie électrique alternative) par les convertisseurs 214a à 214d. Cette énergie alternative est transmise aux transformateurs 216a à 216d qui transforment l'énergie alternative en courant alternatif intense à tension relativement faible de 10 V par exemple. Les courants alternatifs sont alors redressés par les redresseurs 218a à 218d par redressement à deux alternances sous forme de courants continus qui sont ajoutés sous forme d'énergie électrique en courant continu E1.

L'organe 230 de commande de l'installation reçoit les signaux détectés par des détecteurs de panne (non représentés), ces signaux indiquant une rupture de fusible de ligne commune, une fuite de câble primaire et la température des transistors de commutation Tr1 à Tr4 et des transformateurs de soudage 216a à 216d. En fonction de ces signaux détectés, l'organe 230 de commande transmet des signaux de commande de séquences destinés à commander certaines opérations de commande telles que la désexcitation des redresseurs 212a à 212d et des convertisseurs 214a à 214d et l'arrêt de l'alimentation triphasée par commande d'un dispositif 210 par tout ou rien de commande d'alimentation.

La disposition précédente constitue un ensemble connu d'alimentation commandé par convertisseur, destiné à être utilisé avec un robot de soudage.

Des détecteurs de courant 232a à 232d et 234a à 234d, chacun sous forme d'une bobine torique, sont placés autour des fils reliant les redresseurs 212a à 212d aux convertisseurs 214a à 214d des alimentations A à D. Ces détecteurs transmettent des signaux correspondant aux courants à polarité inversée Ia1, Ib1, Ic1, Id1 et Ia2, Ib2, Ic2, Id2 qui circulent lors de la commutation des convertisseurs 214a à 214d et transmettent les signaux produits à des ensembles respectifs de détermination de courant 236a, 236b, 236c, 236d.

L'ensemble 236a de détermination de courant est maintenant décrit à titre illustratif. Les autres ensembles de détermination de courant 236b, 236c, 236d sont identiques à l'ensemble 236a et on ne les décrit donc pas en
5 détail.

L'ensemble 236a a deux sections de traitement de signaux connectées respectivement aux détecteurs 232a, 234a. Ces deux sections de traitement ont des structures identiques.

10 Comme l'indique la figure 13, les signaux des détecteurs 232a, 234a sont transmis respectivement à des comparateurs 250, 252. Ces derniers reçoivent aussi des niveaux de référence provenant de résistances variables VR1, VR2 respectivement, les niveaux de référence étant ceux des
15 signaux créés par les détecteurs 232a, 234a lorsque les convertisseurs 214a à 214d fonctionnent normalement. Lorsque les signaux des détecteurs 232a, 234a sont supérieurs au niveau de référence comme l'indiquent les comparateurs 250, 252, ces derniers donnent des signaux de
20 sortie. Le bruit est supprimé des signaux de sortie des comparateurs 250, 252 par des circuits d'isolement 256, 258. Les signaux des circuits d'isolement 256, 258 sont alors transmis à des bascules 262, 264 sous forme de bascules JK qui synchronisent la commande de l'organe 230 de
25 commande de l'installation, et à des portes ET 266, 268 à logique à niveau élevé négatif, produisant des signaux de décision S1a, S1b.

On suppose que les courants I_{a1} à I_{d1} et I_{a2} à I_{d2} , ayant leur polarité inversée en fonction du temps, sont
30 d'abord constants comme représenté par les courbes a à d de la figure 14, c'est-à-dire que les alimentations A à D fonctionnent normalement. Si l'alimentation A réduit sa puissance de sortie ou l'interrompt après un temps t, les alimentations B à D produisent des courants supérieurs
35 après le temps t (voir les courbes f à h de la figure 14). En conséquence, les courants I_{b1} à I_{d1} et I_{b2} à I_{d2} augmentent, et les ensembles 236b à 236d de détermination de

courant appliquent des signaux de décision S2a, S2b à S4a, S4b à l'organe 230 de commande de l'installation. Cet organe 230 détermine successivement la présence des signaux de décision S1a, S1b à S4a, S4b ou non. Dans ce cas, comme

5 l'organe 230 rencontre d'abord un signal de décision S2a, il détermine que le convertisseur 214b transmet un courant excessif. L'organe 230 de commande cesse alors de transmettre les signaux de pilotage C3 (en synchronisme avec le signal de fenêtre de synchronisation) par le distributeur

10 232 de signaux afin que les transistors Tr1 à Tr4 des convertisseurs 214a à 214d cessent d'être excités, c'est-à-dire que l'opération de commutation des convertisseurs est interrompue. En conséquence, dans le cas d'une réduction ou d'une disparition du signal de sortie du circuit convertisseur

15 214a due à une détérioration du transistor Tr1 par exemple, étant donné l'action de distorsion du transformateur 216a de soudage et comme les convertisseurs 214b à 214d transmettent des courants accrus, tous les convertisseurs 214a à 214d sont désexcités afin que d'autres transistors de commutation ne soient pas détériorés.

20

L'un quelconque des convertisseurs 214a à 214d qui a produit un signal réduit de sortie ou qui n'en a pas produit peut être signalé visuellement par une diode photoémissive par exemple afin qu'un tel convertisseur défail-

25 lant, le convertisseur 214a dans l'exemple précédent, puisse être facilement déterminé.

La commande de séquence de l'organe 230 de commande de l'installation destinée à commander les signaux de pilotage C3 d'après un programme conservé dans la mémoire ROM

30 de l'organe 230 de commande est maintenant décrite en référence à la figure 15.

Le programme est exécuté à partir d'un signal de commande de début de soudage provenant d'un ensemble central de commande et formant dispositif de préréglage, après

35 que l'appareil de soudage par résistance en courant continu a commencé à travailler.

D'abord, l'organe 230 de commande reçoit une

instruction lui indiquant de recevoir les signaux de décision S1a, S1b, au pas 101. Un pas suivant 102 détermine si l'organe 230 a reçu les signaux S1a, S1b. S'il ne les a pas reçus, la commande passe au pas 103 et, lorsque la réponse
5 est positive, elle passe au pas 109.

L'organe 230 reçoit ensuite une instruction lui indiquant de recevoir les signaux de décision S2a, S2b au pas 103. Le pas suivant 104 détermine si l'organe 230 a reçu les signaux S2a, S2b. Si la réponse est négative, la
10 commande passe au pas 105 et, lorsqu'elle est positive, elle passe au pas 109.

La commande 230 reçoit une instruction lui indiquant de recevoir les signaux de décision S3a, S3b au pas 105. Le pas suivant 106 détermine si l'organe 230 a reçu ces
15 signaux S3a, S3b. Lorsque la réponse est négative, la commande passe au pas 107 et, lorsqu'elle est positive, la commande passe au pas 109.

L'organe 230 de commande reçoit une instruction lui indiquant de recevoir les signaux S4a, S4b au pas 107. Au
20 pas suivant 108, il détermine si l'organe 230 a reçu ces signaux S4a, S4b. Lorsque la réponse est négative, le programme se termine alors que, lorsqu'elle est positive, la commande passe au pas 109.

Au pas 109, la commande 230 cesse de transmettre les
25 signaux C3 aux circuits de pilotage 226a à 226d. Le programme se termine alors.

Après le pas 109, le programme commence à être exécuté à nouveau. L'exécution du programme se répète tant que l'organe 230 de commande de l'installation fonctionne.

30 Dans le mode de réalisation précédent, les courants excessifs provenant des redresseurs 212a à 212d sont détectés et les convertisseurs 214a à 214d sont alors désexcités. Cependant, les ensembles 236a à 236d de détermination des courants peuvent détecter le fait que les convertis-
35 seurs 214a à 214d ont des signaux réduits ou nuls de sortie, et interrompent alors le fonctionnement des convertisseurs 214a à 214d. Dans une variante, les détecteurs 232a à

232d et 234a à 234d peuvent être connectés entre les inverseurs 214a à 214d et les transformateurs de soudage 216a à 216d.

Dans le mode de réalisation précédent, les pannes des convertisseurs montés en parallèle, c'est-à-dire les réductions du signal de sortie ou les courants excessifs, sont détectées individuellement et, après détection d'une telle panne, tous les convertisseurs sont rapidement désexcités afin que les transistors de commutation des convertisseurs soient efficacement protégés.

Un appareil de soudage par résistance en courant continu selon un onzième mode de réalisation de l'invention est maintenant décrit en référence aux figures 16 à 18.

Comme représenté sur la figure 16, l'appareil de soudage comporte un dispositif 210 destiné à commuter par tout ou rien l'énergie triphasée ayant une tension de 400 V et des alimentations connectées en parallèle A, B, C, D. Les alimentations A, B, C, D ont des redresseurs 312a à 312d, des convertisseurs 314a à 314d, des transformateurs de soudage 316a à 316d, et des redresseurs 318a à 318d. L'énergie continue E1 qui est la somme des courants de sortie des redresseurs 318a à 318d est transmise à un pistolet de soudage 320. Celui-ci a deux extrémités de soudage 320a, 320d destinées à serrer des pièces 322 entre elles.

Des circuits 326a à 326d de pilotage de base sont connectés aux convertisseurs 314a à 314d afin qu'ils transmettent des courants de pilotage aux bases des transistors de commutation Tr1, Tr2, Tr3, Tr4 qui sont tous montés en pont. Les détecteurs 328a à 328d sous forme de spires toriques destinées à créer des signaux détectés correspondant aux formes d'onde de commutation, provenant des redresseurs 312a à 312d et transmis aux convertisseurs 314a à 314d, sont placés autour des fils reliant les redresseurs 312a à 312d aux convertisseurs 314a à 314d. Les signaux détectés provenant des détecteurs 328a à 328d sont transmis aux générateurs respectifs 330a à 330d d'impulsions de pilotage de base qui créent et appliquent des impulsions

S5, S6, S7, S8 aux circuits de pilotage de base 326a à 326d.

Un organe 340 de commande d'installation comprend un microprocesseur à un seul circuit paillette (minuterie de soudage) comprenant une unité centrale de traitement CPU, une mémoire à accès direct RAM, une mémoire morte ROM et un circuit d'entrée-sortie. L'organe 340 de commande reçoit les signaux de commande Cm d'un système central de commande formant dispositif de préréglage, comprenant un ordinateur assurant une commande numérique en boucle fermée, et mettant en oeuvre la commande de la séquence de soudage. L'organe 340 de commande crée un signal Cr qui sélectionne une fréquence de commutation des convertisseurs 314a à 314d afin qu'un changement d'énergie électrique continue E1 appliquée au pistolet 320, c'est-à-dire de l'énergie de soudage, soit assuré au niveau voulu. L'organe 340 de commande de l'installation transmet le signal Cr aux générateurs 330a à 330d d'impulsions de pilotage de base.

Un signal d'horloge Cm est créé et est appliqué par un générateur 342 de signaux d'horloge aux générateurs 330a à 330d d'impulsions de pilotage de base à la suite d'une commande de début de fonctionnement provenant de l'organe 340.

Les générateurs 330a à 330d d'impulsions de pilotage de base sont représentés en détail sur la figure 17, leur construction sont identiques et les références numériques placées entre parenthèses correspondent aux générateurs 330b, 330c, 330d.

Les générateurs d'impulsions de pilotage de base 330a (330b, 330c, 330d) ont des intégrateurs 350a (350b, 350c, 350d) qui reçoivent les signaux détecteurs S1 (S2, S3, S4), et des comparateurs 352a (352b, 352c, 352d) qui reçoivent le signal Cr et les signaux intégrés provenant des intégrateurs 350a (350b, 350c, 350d) et créent des signaux différentiels S10a (S10b, S10c, S10d). Les générateurs 330a (330b, 330c, 330d) ont aussi des générateurs 354a (354b, 354c, 354d) de signaux en dents de scie

recevant un signal d'horloge Ck d'un générateur 342 de signaux d'horloge afin qu'ils créent des signaux en dents de scie S12a (S12b, S12c, S12d), ainsi que des comparateurs 356a (356b, 356c, 356d) recevant les signaux différentiels S10a (S10b, S10c, S10d) et les signaux en dents de scie S12a (S12b, S12c, S12d). Les comparateurs 356a (356b, 356c, 356d) créent des impulsions de pilotage S5, S6, S7, S8 avec utilisation des signaux différentiels S10a, (S10b, S10c, S10d) comme niveaux de seuil.

10 Le circuit composé du générateur 342 de signaux d'horloge et des générateurs 330a à 330d d'impulsions de pilotage de base fonctionne par modulation par impulsions de largeur variable afin que les temps de présence et d'absence des impulsions varient avec une fréquence fixe.

15 On décrit maintenant le fonctionnement de l'appareil de soudage par résistance en courant continu représenté sur la figure 12.

Lorsque les signaux de commande Cm sont transmis à l'organe 340 de commande, un signal d'horloge Ck est transmis aux générateurs 354a à 354d de signaux en dents de scie. Les signaux S12a à S12d en dents de scie provenant des générateurs 354a à 354d et les signaux différentiels S10a à S10d correspondant aux signaux détectés S1 à S4 sont appliqués aux comparateurs 356a à 356d. Les impulsions de pilotage S5 à S8 et les signaux différentiels S10a à S10d utilisés comme niveaux de seuil parviennent aux circuits de pilotage de base 326a à 326d. Les impulsions de pilotage S5 à S8 sont divisées et conformées par les circuits de pilotage 326a à 326b puis transmises aux bases des transistors Tr1 à Tr4 de chacun des convertisseurs 314a à 314d afin que les transistors Tr1 à Tr4 soient mis à l'état conducteur. L'énergie électrique en courant continu transmise par les redresseurs 312a à 312d aux convertisseurs 314a à 314d est alors transformée en énergie alternative à haute fréquence sous forme d'impulsions. Cette énergie alternative est alors transmise aux transformateurs de soudage 316a à 316d qui la transforment en courant intense de tension

relativement faible de 10 V par exemple. Les courants provenant des transformateurs 316a à 316d sont redressés par les redresseurs 318a à 318d par redressement à deux alternances sous forme de courants continus qui sont combinés
5 sous forme de l'énergie électrique continue E1.

La disposition précédente constitue un ensemble d'alimentation connu à commande par convertisseur utilisé avec un robot de soudage.

Si l'un des transformateurs de soudage 316a à 316d a
10 une action de distorsion due à un changement d'impédance à la suite d'une fluctuation de la charge présentée par les pièces, la durée des impulsions de l'un des signaux détectés S1 à S4 varie. En conséquence, un signal différentiel correspondant S10a à S10d varie. On suppose que le signal
15 détecté S2 varie comme indiqué sur la figure 18(b).

A partir des signaux en dents de scie S12a à S12d transmis aux comparateurs 356a à 356d, des impulsions de pilotage S5 à S8 sont formées à l'aide des signaux différentiels S10a à S10d. Des impulsions créées S5 à S8 sont
20 alors ajoutées aux circuits de pilotage de base 326a à 326d.

Comme l'indiquent les figures 18(a) à 18(d), les impulsions S5 à S8 de pilotage ont des flancs postérieurs dont les temps sont rendus égaux afin qu'aucun courant de
25 crête ou aucun courant excessif ne soit créé aux flancs postérieurs des formes d'onde de sortie des convertisseurs 314a à 314d.

Bien que les détecteurs 328a à 328d soient connectés entre les redresseurs 312a à 312d et les convertisseurs
30 314a à 314d dans le mode de réalisation représenté, les détecteurs 328a à 328d peuvent être montés entre les convertisseurs 314a à 314d et les transformateurs de soudage 316a à 316d.

Dans le mode de réalisation des figures 16, 17 et
35 18(a) à 18(d), les temps des flancs postérieurs des impulsions de pilotage de base sont rendus égaux pour la compensation de l'action de distorsion des transformateurs de

soudage associés aux alimentations multiples. Comme aucun courant excessif n'est créé aux flancs postérieurs des signaux de sortie des convertisseurs, l'appareil de soudage par résistance en courant continu a un rendement accru.

5 Les figures 19 et 20(a) à 20(f) représentent un appareil de soudage par résistance en courant continu selon un douzième mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, un signal correspondant à l'état d'excitation des pièces est produit indirectement et avec précision à partir du changement du courant lors de l'opération de commutation des convertisseurs, et l'application d'énergie électrique aux pièces est interrompue en fonction du signal ainsi produit si bien que les pièces peuvent être soudées de manière convenable. Ce mode de réalisation n'est 10 pas limité à des convertisseurs montés en parallèle et à des transformateurs montés en parallèle.

Comme représenté sur la figure 19, l'appareil de soudage par résistance en courant continu comprend un ensemble A d'alimentation commandé par un convertisseur et 20 comprenant un pistolet de soudage, un ensemble détecteur B (dispositif de détection) destiné à créer un signal correspondant à un signal de sortie (forme d'onde) lors de l'opération de commutation de l'ensemble d'alimentation A, une unité C de calcul d'un signal différentiel (correspondant à 25 un dispositif de détection du flanc antérieur-postérieur du courant et à un dispositif de calcul) destinée à créer des signaux de courant de flancs antérieur et postérieur à partir du signal produit par l'ensemble détecteur B, et à créer et appliquer un signal différentiel en courant, et 30 une unité de commande D (dispositif de commande) destinée à créer un signal de commande pour la détection des courants des flancs antérieur et postérieur) et assurant la commande en boucle fermée de l'ensemble de l'appareil.

L'ensemble d'alimentation A a un redresseur 412, un 35 convertisseur 414, un transformateur de soudage 416 et des redresseurs 418a, 418b. De l'énergie électrique en courant continu E1 combinée par les bornes de sortie des

redresseurs 418a, 418b, est appliquée à un pistolet de soudage 420. Ce dernier a deux extrémités de soudage 420a, 420b destinées à serrer les pièces 422 entre elles.

L'ensemble détecteur B comporte un détecteur de
5 courant sous forme d'un enroulement torique ou analogue, placé autour du fil reliant le convertisseur 414 au transformateur 416 afin qu'il crée un signal détecté S1a correspondant au signal S1 de commutation.

L'ensemble C de calcul du signal différentiel com-
10 porte des amplificateurs 424, 426 de maintien qui reçoivent les signaux de synchronisation St1, St2, destinés à assurer le maintien des flancs antérieur et postérieur du signal détecté S1a, et un amplificateur logarithmique 428 qui reçoit les signaux de sortie S3, S4 des amplificateurs 424,
15 426 par l'intermédiaire de résistances particulières R1, R2 et qui crée un signal logarithmique analogique S6.

L'ensemble de commande D comporte un organe de commande d'une installation de soudage par exemple et comprend un circuit 430 de pilotage des bases des transistors de
20 commutation Tr1, Tr2, Tr3, Tr4 qui sont connectés en pont, un générateur de synchronisation 432 qui crée des signaux de synchronisation St1, St2, et un circuit de modulation 434 par impulsions de largeur variable destiné à former un signal traité par modulation par impulsions de largeur
25 variable qui fait varier les temps de présence et d'absence des impulsions avec une fréquence fixe et qui applique le signal produit au circuit 430 de pilotage de base. L'unité de commande D a aussi un microprocesseur (MPU) 436 comprenant une unité centrale de traitement CPU, une mémoire à
30 accès direct RAM, une mémoire morte ROM et un circuit d'entrée-sortie. Le microprocesseur 436 commande l'appareil de soudage par résistance en courant continu en boucle fermée et il reçoit le signal calculé S6 et un signal de commande de début de soudage Cc d'un ensemble central de
35 commande formant dispositif de pré réglage qui comporte un ordinateur de commande numérique en boucle fermée et assure la commande de la séquence de soudage.

Un moniteur 440 destiné à fichier visuellement des valeurs numériques et des formes d'onde représentatives des données traitées les divers éléments de l'appareil, et un ensemble 442 de préréglage destiné à indiquer des valeurs
5 numériques des formes d'onde à afficher et à établir des instructions de commande en coopération avec le microprocesseur 436 sont connectés à l'unité D de commande.

L'appareil de soudage par résistance en courant continu du douzième mode de réalisation fonctionne de la
10 manière suivante.

A la suite d'un signal de commande de début de soudage Cc appliqué au microprocesseur 436, ce dernier commande le circuit 434 de modulation. Les circuits de pilotage provenant du circuit 430 sont appliqués au conver-
15 tisseur 412 afin que celui-ci commence à fonctionner. L'énergie alternative triphasée à 400 V est redressée par le redresseur 412 sous forme de courant continu transformé par le convertisseur 414 en un signal pulsé alternatif à haute fréquence S1 de commande de commutation. Ce signal S1
20 est alors transmis au transformateur 416 de soudage qui transforme le signal S1 en un courant de forte intensité et de tension relativement faible de 10 V par exemple. Le courant alternatif est redressé par des redresseurs 418a, 418b assurant le redressement à deux alternances sous forme
25 d'énergie électrique en courant continu E1.

L'ensemble détecteur B crée un signal détecté S1a (voir figure 20(a)) correspondant au signal S1 de l'opération de commutation produit par le convertisseur 414. Le signal S1a est alors transmis aux amplificateurs 424, 426
30 qui reçoivent aussi les signaux de synchronisation St1, St2 (figure 20(b) et 20(c)) correspondant à un flanc antérieur (courant I) et un flanc postérieur (courant IO) du signal détecté S1a. Les signaux de synchronisation St1, St2 sont créés par le générateur 432 en fonction du signal provenant
35 du circuit 434 de modulation. Les amplificateurs 424, 426 créent des signaux de sortie S3, S4 et les appliquent par les résistances R1, R2 à l'amplificateur logarithmique 428.

Les signaux S3, S4 ont des niveaux V1, V2 respectivement qui correspondent aux courants I, I0 des flancs antérieur et postérieur comme indiqué par les figures 20(d) et 20(e). L'amplificateur logarithmique 428 crée un signal analogique logarithmique S6, par mise en oeuvre d'une opération définie par la relation suivante :

$$\log_e (I/I0) = - (R/L)T = R\sigma$$

L étant l'inductance du secondaire du transformateur 416, R la résistance du secondaire du transformateur 416, T le temps pendant lequel le signal détecté S1a reste à un faible niveau et σ est une constante.

Le signal S6 ainsi produit a une valeur qui repose sur l'hypothèse selon laquelle les résistances des redresseurs 418a, 418b et du pistolet 420 sont constantes et peuvent être ignorées. La zone repérée par m sur la figure 20(a) correspond à la quantité d'énergie consommée par les pièces 422 lorsque le courant y circule, c'est-à-dire au changement de résistance des pièces 422 dû à la formation d'une zone fondue au moment où les pièces 422 sont soudées.

Le signal S6 est transmis par un circuit conformateur (non représenté) au microprocesseur 436 qui transforme le signal en un signal numérique par une opération de numérisation. Le signal numérique est alors échantillonné avec un signal de synchronisation représenté sur la figure 20(f) et la valeur numérique et la forme d'onde du signal échantillonné sont affichées par le moniteur 420.

De cette manière, un changement de résistance des pièces 422 serrées par les extrémités de soudage 420a, 420b au moment où le courant de soudage circule dans les pièces 422 peut être obtenu indirectement à partir des courants I, I0 aux flancs antérieur et postérieur du signal S1 du convertisseur 414.

L'opérateur, en référence à la valeur numérique et à la forme d'onde affichées, peut transmettre l'énergie électrique à des pièces 422 d'un type différent en réglant la puissance E1 appliquée entre les extrémités 420a, 420b de soudage afin qu'une résistance mécanique élevée soit

obtenue sans expulsion ni bavure en surface qui pourraient être observées autrement empiriquement et expérimentalement.

Le réglage de la puissance E1 en courant continu est
5 réalisé de la manière suivante. Des temps de début et de fin d'excitation et un temps de conduction sont introduits par l'ensemble 442 et le moniteur 440 dans la mémoire RAM du microprocesseur 466.

Les pièces 422 avancent alors et sont fixées suivant
10 divers modes de commande numérique en boucle fermée, dans la chaîne de fabrication commandée par l'ensemble central de commande formant dispositif de préréglage comprenant un ordinateur. Après que les pièces 422 ont été mises sous pression par le pistolet 420, le microprocesseur 436
15 indique au circuit 434 de modulation d'appliquer un signal au circuit 430 de pilotage en fonction des temps de début et de fin d'excitation et de temps d'excitation qui sont conservés dans la mémoire RAM. De cette manière, les pièces 422 peuvent être soudées avec une résistance mécanique
20 élevée sans projection ni bavure en surface.

Dans le mode de réalisation des figures 19 et 20(a) à 20(f), un signal correspondant à l'excitation des pièces est obtenu indirectement d'après le changement du courant provenant du convertisseur. En conséquence, un fil de
25 détection à changement de tension entre les électrodes ou extrémités de soudage, c'est-à-dire un changement de résistance des pièces lors de la croissance de la zone fondue par laquelle passe le courant de soudage, n'est pas nécessaire. Le bruit produit lorsque la tension détectée tombe
30 ou lorsque le courant circule est réduit, et le changement de résistance des pièces au moment où le courant de soudage circule peut être produit avec une grande précision.

En outre, d'après la résistance de différentes pièces au moment où le courant de soudage y circule, les
35 temps de début et de fin d'excitation des pièces, c'est-à-dire de l'alimentation des pièces en courant de soudage, et le temps d'excitation peuvent être réglés convenablement.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art aux appareils de soudage par résistance en courant continu qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans sortir du

5 cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Appareil de soudage par résistance en courant continu, caractérisé en ce qu'il comprend :

deux électrodes de soudage (48a, 48b) destinées à
5 être placées de part et d'autre des pièces à souder, et
un circuit (36) connecté aux électrodes de soudage
et destiné à transmettre un courant de soudage à ces élec-
trodes, ce circuit comprenant plusieurs circuits de redres-
sement connectés en parallèle et comportant chacun un
10 transformateur de soudage (68a-68d) et un dispositif de
redressement (74a-74h).

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en
ce que le transformateur de soudage (68a-68d) comporte un
secondaire (72a-72d) ayant une prise centrale (78a-78d), et
15 le dispositif de redressement comporte deux redresseurs
(74a-74h), la prise centrale constituant une première borne
de sortie de chacun des circuits de redressement, le secon-
daire ayant une première extrémité connectée à une première
borne de l'un des redresseurs et l'autre extrémité reliée à
20 une première borne de l'autre des redresseurs, les autres
bornes des redresseurs étant reliées l'une à l'autre et
constituant une autre borne de sortie de chacun des cir-
cuits de redressement, les premières bornes d'entrée des
circuits de redressement étant connectées l'une à l'autre
25 et à l'une des électrodes de soudage et les autres bornes
de sortie des circuits de redressement étant connectées
ensemble à l'autre des électrodes de soudage.

3. Appareil selon l'une des revendications 1 et 2,
caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble convertisseur
30 (60) comprenant plusieurs convertisseurs (58a-58d) connec-
tés respectivement aux circuits de redressement afin qu'ils
pilotent ces derniers.

4. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en
ce qu'il comprend un dispositif principal de commande (53)
35 connecté aux convertisseurs (58), et un dispositif (80) de
détection de courant destiné à créer un signal propor-
tionnel au courant de soudage transmis par ledit circuit aux

électrodes de soudage et à renvoyer ce signal au dispositif principal de commande, ce dernier ayant un dispositif de commande par rétroaction destiné à maintenir le courant de soudage à une valeur constante à partir du signal provenant
5 du dispositif de détection de courant et transmis au dispositif principal de commande.

5. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des dispositifs auxiliaires de commande (55a-55d) connectés respectivement aux convertis-
10 seurs, et des dispositifs (76a-76d) de détection de courant destiné à créer des signaux proportionnels aux courants de soudage en dérivation transmis par les circuits de redressement et à renvoyer les signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs de
15 commande par rétroaction destinés à maintenir les courants de soudage en dérivation à des valeurs constantes à partir des signaux provenant des dispositifs de détection des courants et transmis aux dispositifs auxiliaires de commande.

20 6. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des dispositifs auxiliaires de commande (55a-55d) connectés respectivement aux convertisseurs (58a-58d), des premiers dispositifs (76a-76d) de détection de courant destinés à créer des signaux propor-
25 tionnels aux courants de soudage en dérivation qui leur sont transmis par les circuits de redressement et à renvoyer ces signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs de commande par rétroaction destinés à maintenir les courants de soudage en déri-
30 vation à des valeurs constantes d'après les signaux provenant des premiers dispositifs de détection de courant et destinés aux dispositifs auxiliaires de commande, un dispositif principal de commande (53) connecté aux convertisseurs, et un second dispositif (80) de détection de courant
35 destiné à créer un signal proportionnel au courant de soudage transmis par ledit circuit aux électrodes de soudage et à renvoyer ce signal au dispositif principal de

commande, ce dernier ayant un dispositif de commande par rétroaction destiné à maintenir le courant de soudage à une valeur constante en fonction du signal transmis du second dispositif de détection de courant au dispositif principal
5 de commande.

7. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des dispositifs auxiliaires de commande (55a-55d) connectés respectivement aux convertisseurs (58a-58d), des dispositifs de détection de courant
10 destinés à créer des signaux proportionnels aux courants de soudage en dérivation transmis par les circuits respectifs de redressement et à renvoyer ces signaux aux dispositifs auxiliaires de commande, et un dispositif principal de commande (53) connecté aux dispositifs auxiliaires de com-
15 mande et destiné à calculer des valeurs commandées représentatives des courants de soudage en dérivation qui doivent être produits par les convertisseurs respectifs d'après une valeur de commande du courant de soudage et à transmettre les valeurs commandées calculées aux disposi-
20 tifs auxiliaires de commande, ces derniers ayant des dispositifs de commande par rétroaction destinés à maintenir les courants de soudage en dérivation à des valeurs constantes d'après les valeurs commandées calculées, le dispositif principal de commande ayant un dispositif à minuterie des-
25 tiné à synchroniser les courants de soudage en dérivation.

8. Appareil de soudage par résistance en courant continu, caractérisé en ce qu'il comprend :

deux électrodes de soudage (158a, 158b) destinées à être placées de part et d'autre des pièces à souder,
30 un ensemble convertisseur (124) ayant des composants à semi-conducteur qui peuvent être commutés à un état de fonctionnement et à un état de non fonctionnement afin que de l'énergie électrique en courant continu soit transformée en énergie en courant alternatif,
35 un dispositif (128, 131a, 131b) destiné à transformer l'énergie électrique en courant alternatif en

énergie électrique en courant continu et à appliquer cette dernière aux électrodes de soudage,

un circuit de pilotage de base (130) destiné à commander les composants à semi-conducteur par des courants de
5 commutation supérieurs à une plage nominale continue, et

un circuit à minuterie (140) destiné à mesurer le temps de conduction des composants à semi-conducteur et à interrompre la circulation des courants de commutation lorsque le temps mesuré de conduction dépasse une valeur
10 prédéterminée.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que le circuit à minuterie (140) comporte un oscillateur (142) destiné à créer un signal pulsé ayant une fréquence supérieure à celle de l'énergie électrique en courant
15 alternatif, une porte ET (141) ayant une borne d'entrée recevant le signal pulsé et une borne d'entrée recevant un signal correspondant à l'énergie électrique en courant alternatif, un compteur préréglable (144) destiné à compter
20 un signal pulsé à partir de la porte ET et à transmettre un signal de comptage au circuit de pilotage de base, et un ensemble de réglage (146) destiné à mettre le compteur préréglé à une valeur préréglée correspondant au temps prédéterminé.

10. Appareil de soudage par résistance en courant
25 continu, caractérisé en ce qu'il comprend :

deux électrodes de soudage (220a, 220b) destinées à être placées de part et d'autre des pièces à souder, plusieurs alimentations (A, B, C, D) comprenant chacune un dispositif redresseur, un convertisseur, un transformateur
30 de soudage et un redresseur et destinées à transmettre chacune un courant de soudage produit par les redresseurs aux électrodes de soudage,

des dispositifs de détection (236a-236d) destinés à détecter les courants circulant soit entre les dispositifs
35 redresseurs et les convertisseurs soit à partir des convertisseurs des alimentations, et à créer des signaux représentatifs des courants détectés,

des dispositifs (230) destinés à comparer les signaux des dispositifs de détection à des niveaux prédéterminés et à créer des signaux de détection, et

des dispositifs (230) de commande recevant les
5 signaux de décision et destinés à appliquer des signaux de pilotage aux convertisseurs afin que ceux-ci soient rendus inactifs.

11. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que les dispositifs de détection (236a-236d) com-
10 portent des dispositifs d'isolement destinés à supprimer le bruit des signaux produits par les dispositifs de détection.

12. Appareil de soudage par résistance en courant continu, caractérisé en ce qu'il comprend :

15 deux électrodes de soudage (320a, 320b) destinées à être placées de part et d'autre des pièces à souder,
plusieurs alimentations comprenant chacune un dispositif redresseur, un convertisseur, un transformateur de soudage et un redresseur et destinées à transmettre un
20 courant de soudage produit par les redresseurs aux électrodes de soudage,

des dispositifs de détection (328a-328d) destinés à former des signaux détectés représentatifs du fonctionnement des convertisseurs qui reçoivent des signaux de pilo-
25 tage de commutation,

des dispositifs (330) de comparaison des signaux détectés et des signaux de pilotage de commutation, destinés à transmettre des signaux d'action de distorsion représentant les actions de distorsion des transformateurs
30 de soudage, et

un dispositif (340) de commande destiné à recevoir les signaux d'action de distorsion et à commander les flancs antérieurs des signaux respectifs de pilotage de commutation afin qu'ils rendent égaux les temps des flancs
35 postérieurs.

13. Appareil selon la revendication 12, caractérisé en ce que le dispositif de commande (340) comporte un géné-

- rateur (342) de signaux d'horloge destiné à créer un signal d'horloge, un générateur (354) destiné à créer un signal en dents de scie à partir du signal d'horloge, et un comparateur (356) destiné à comparer les signaux d'action de distorsion au signal en dents de scie et à créer des signaux de pilotage de commutation ayant des durées d'impulsions déterminées par les signaux d'action de distorsion constituant un niveau de seuil et par les flancs postérieurs des impulsions dont les temps sont rendus égaux.
- 10 14. Appareil de soudage par résistance en courant continu, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un pistolet de soudage (420) destiné à chevaucher des pièces à souder,
 - une alimentation de puissance comprenant un dispositif redresseur (412), un convertisseur (413), un transformateur de soudage (416) et un redresseur (418a, 418b) et destinée à transmettre un courant de soudage produit par le redresseur au pistolet de soudage,
 - un dispositif (S1) destiné à produire un signal
- 20 détecté correspondant à une forme d'onde de sortie du convertisseur,
- un dispositif (424, 426) de détection de courant aux flancs antérieur-postérieur, destiné à créer des signaux en courant aux flancs antérieur-postérieur du signal détecté,
- 25 un dispositif de commande (436) destiné à appliquer un signal de commande au dispositif de détection de courant aux flancs antérieur-postérieur, et
- un dispositif de calcul (428) destiné à créer un signal de courant différentiel représentatif d'un changement de résistance des pièces lorsque le courant de soudage y circule, à partir des signaux de courant aux flancs antérieur-postérieur du signal détecté, et à appliquer le signal de courant différentiel au dispositif de commande.
- 30
15. Appareil selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de désexcitation destiné à interrompre le courant de soudage transmis au pistolet de soudage lorsque le signal de courant
- 35

différentiel appliqué par le dispositif de calcul au dispositif de commande a une valeur prédéterminée.

4/20

FIG.4

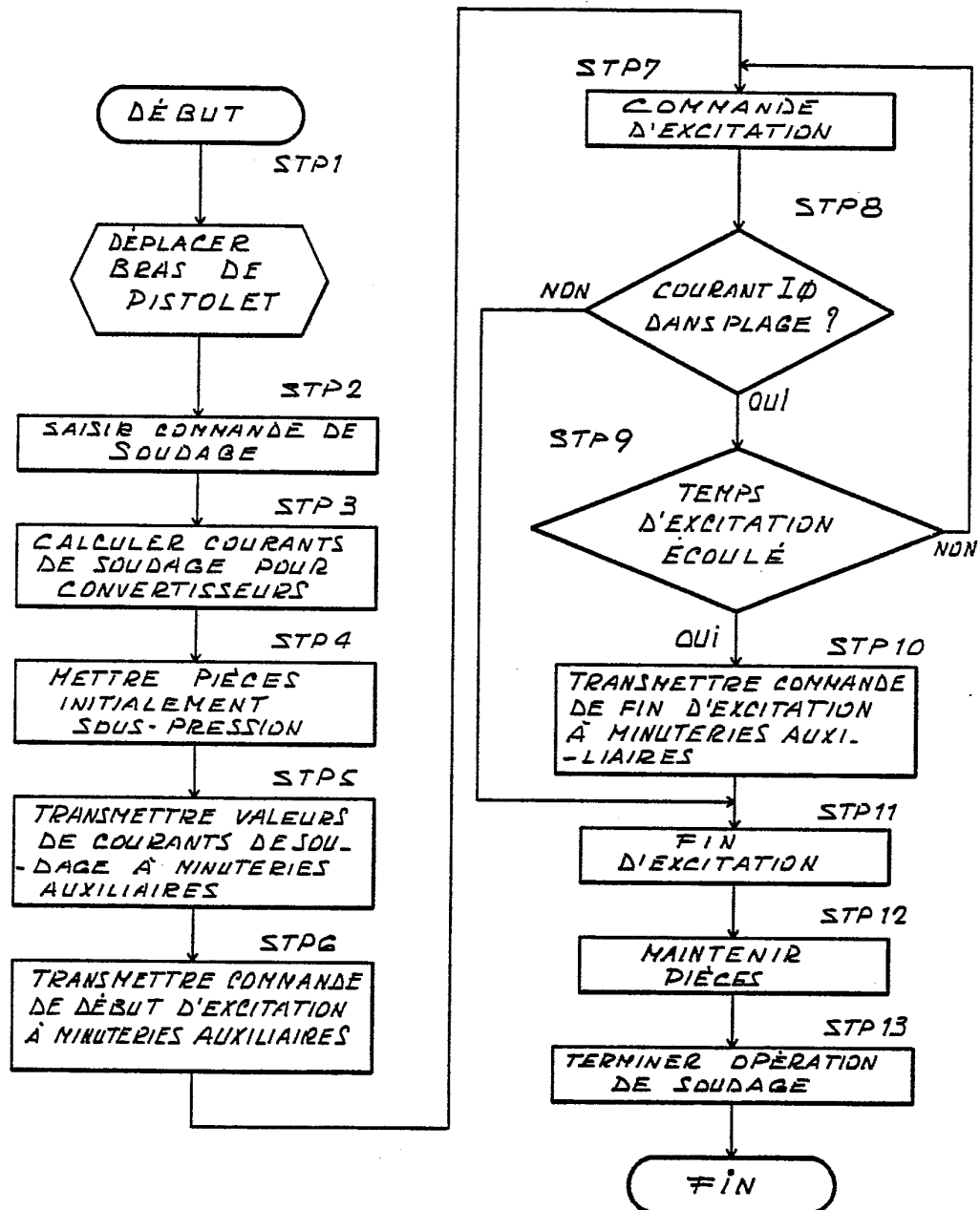


FIG. 5

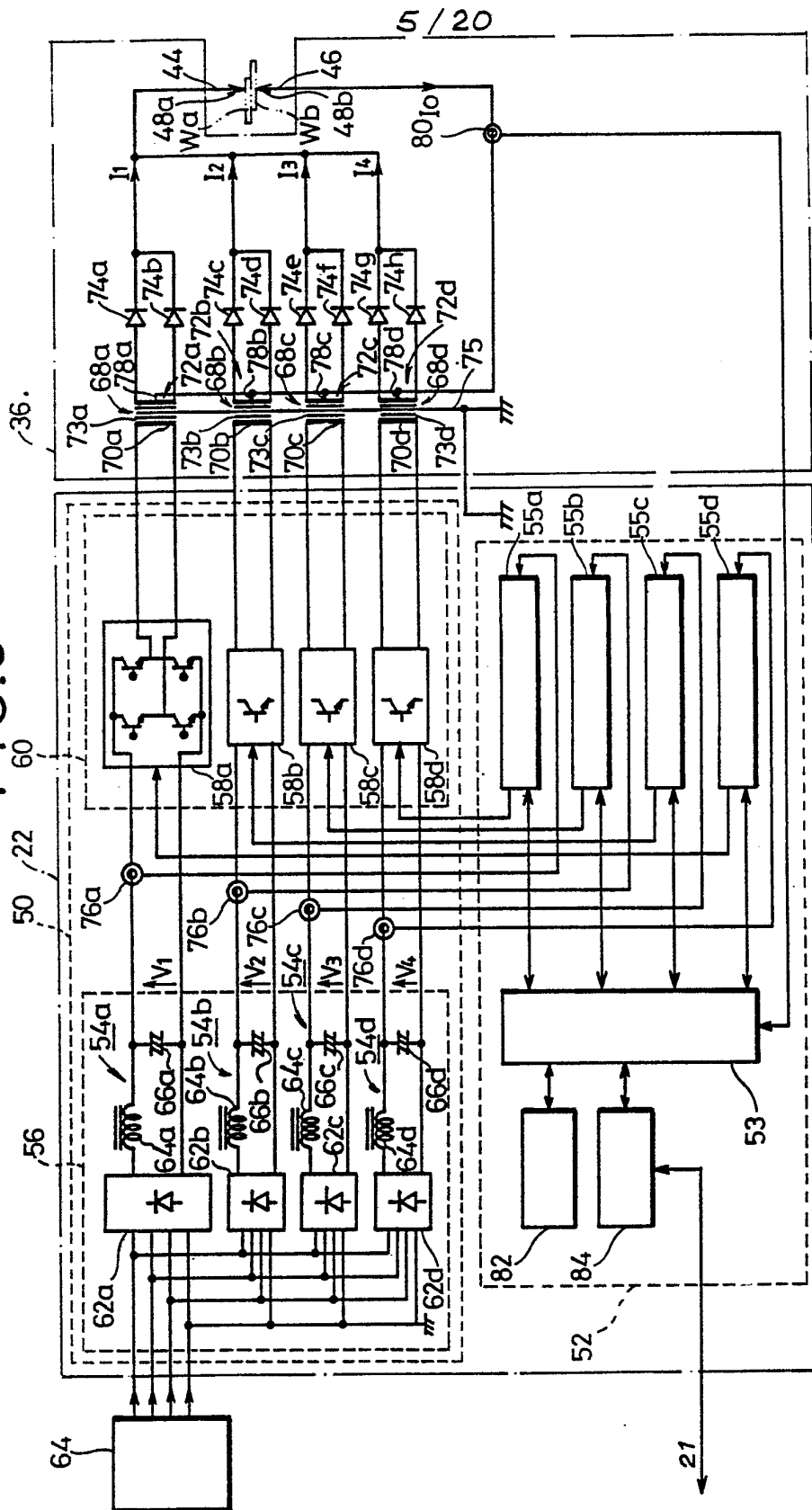
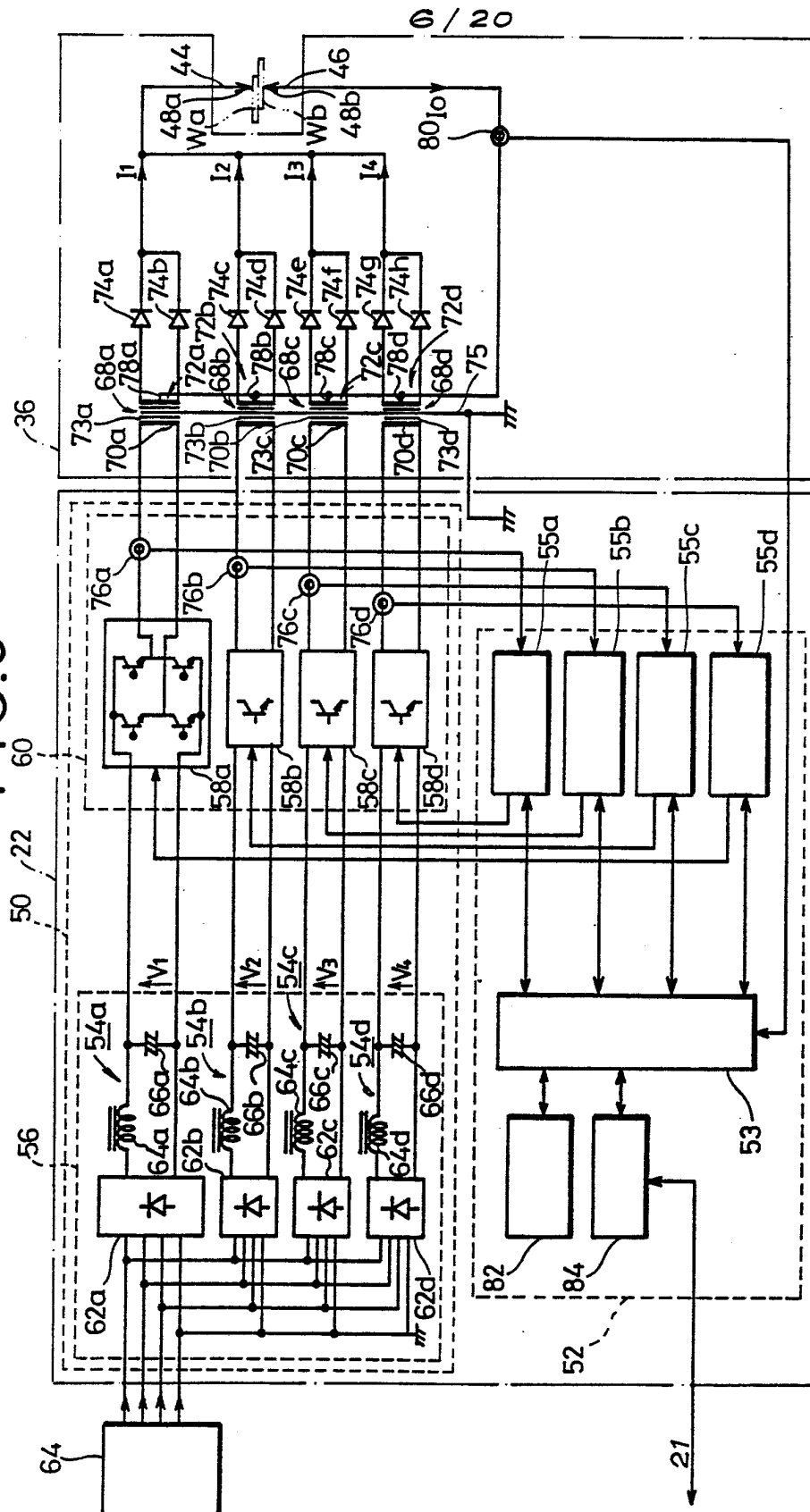
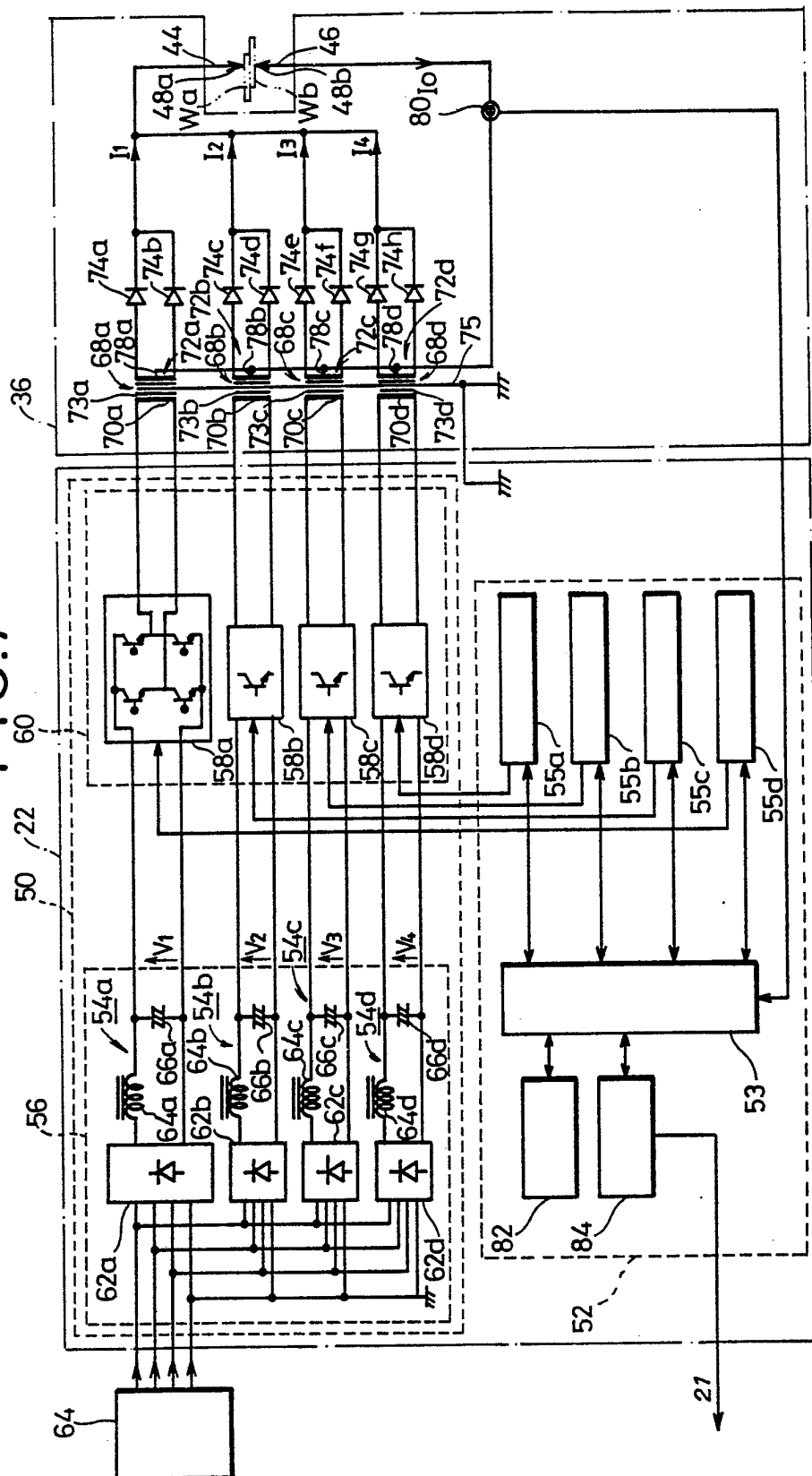


FIG. 6



7/20

FIG. 7



F/G.8

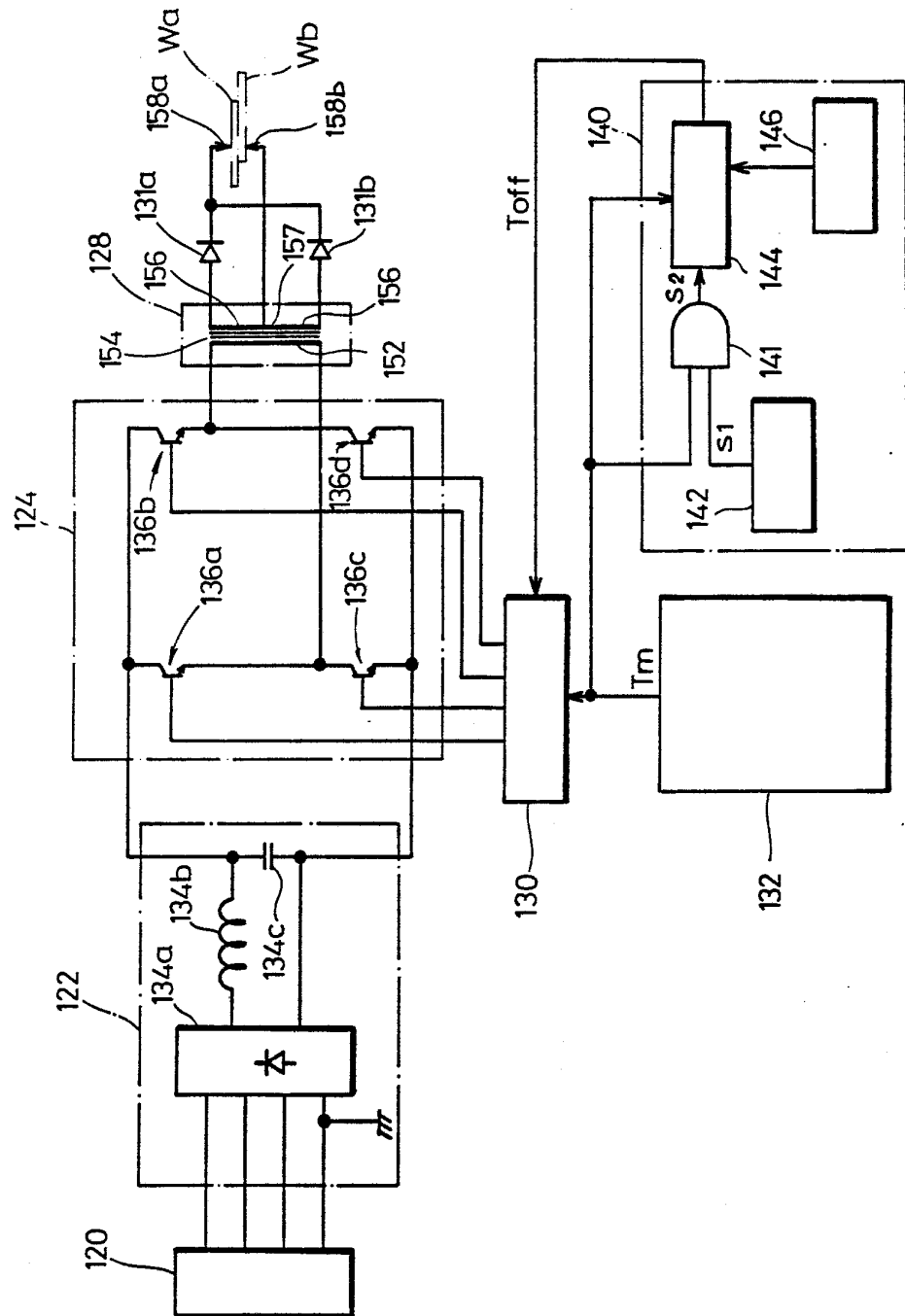


FIG. 9(a)

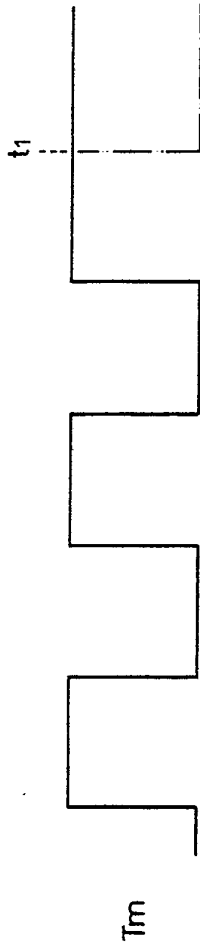


FIG. 9(b)



FIG. 9(c)

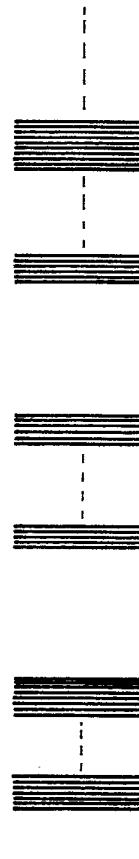


FIG. 9(d)

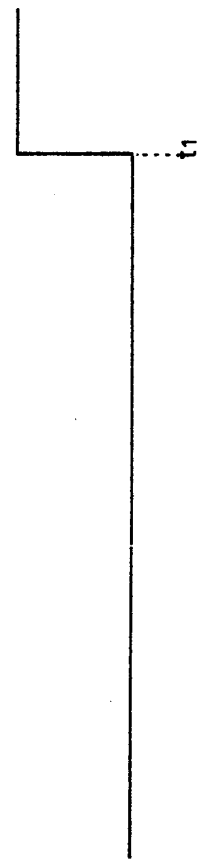
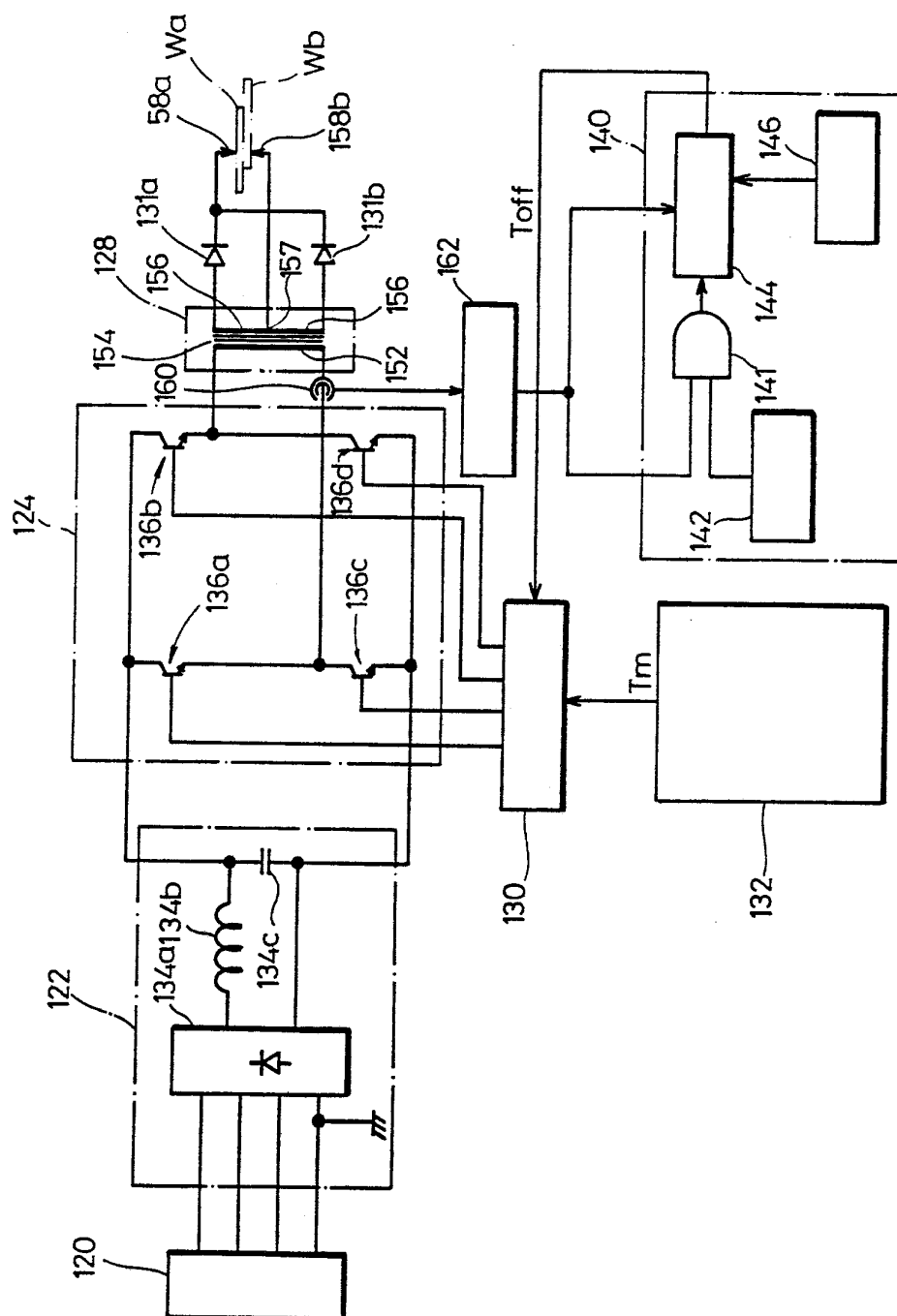
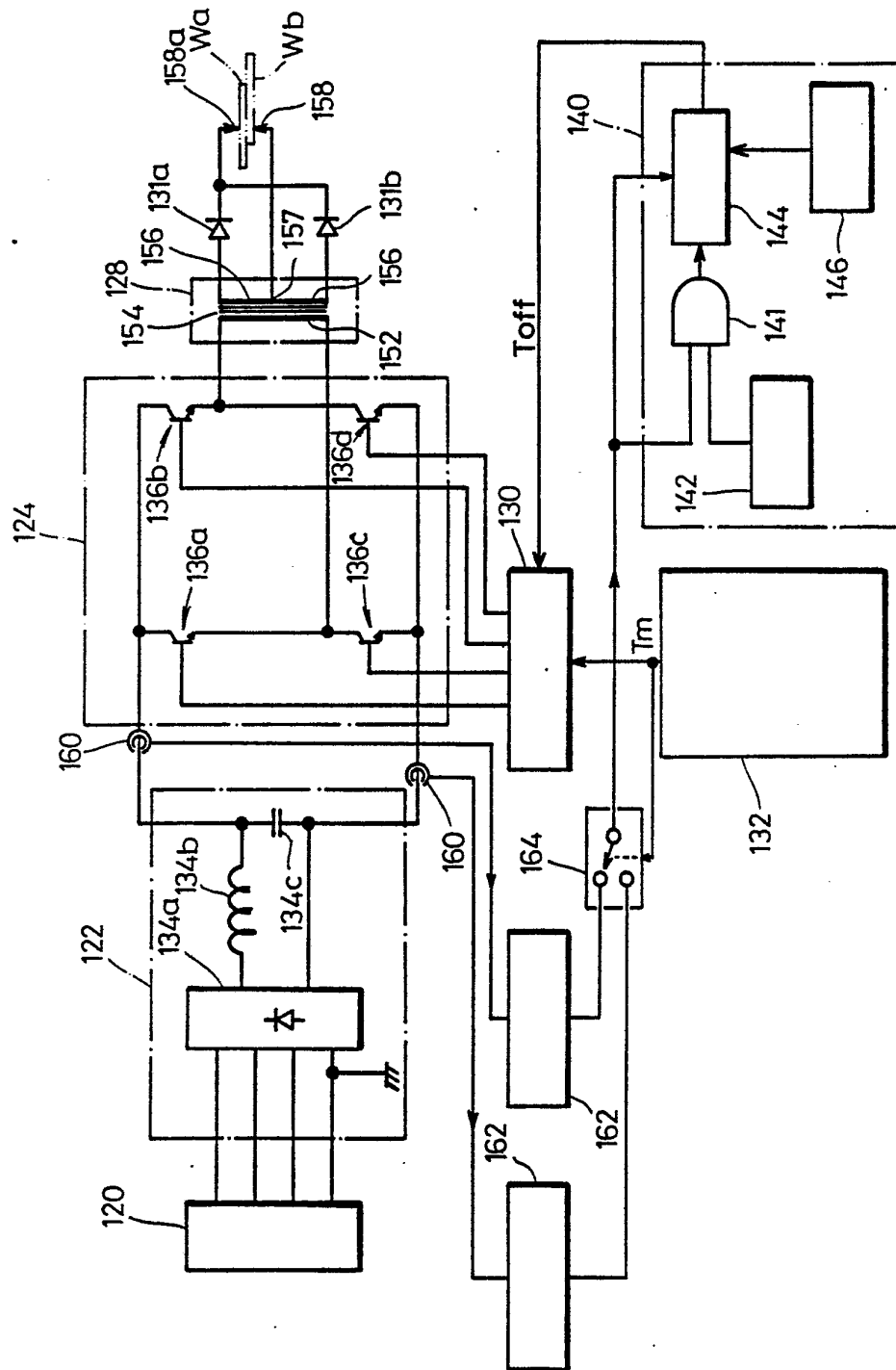


FIG. 10



11/20

FIG. 11



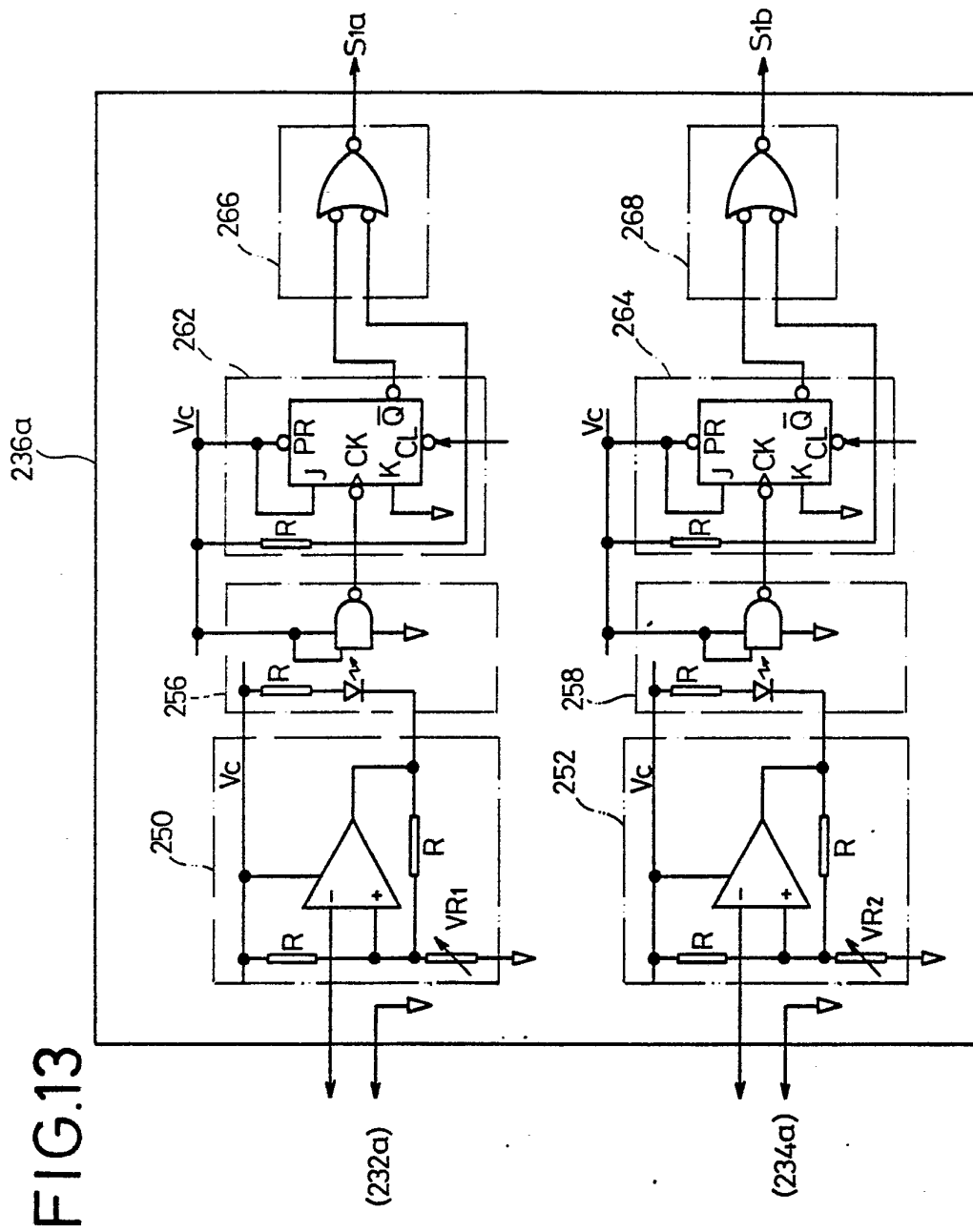
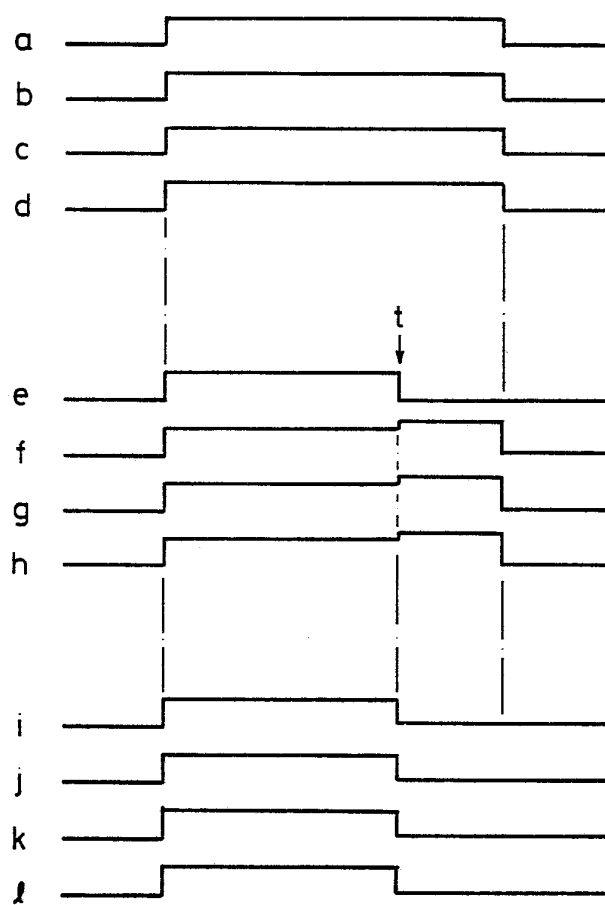
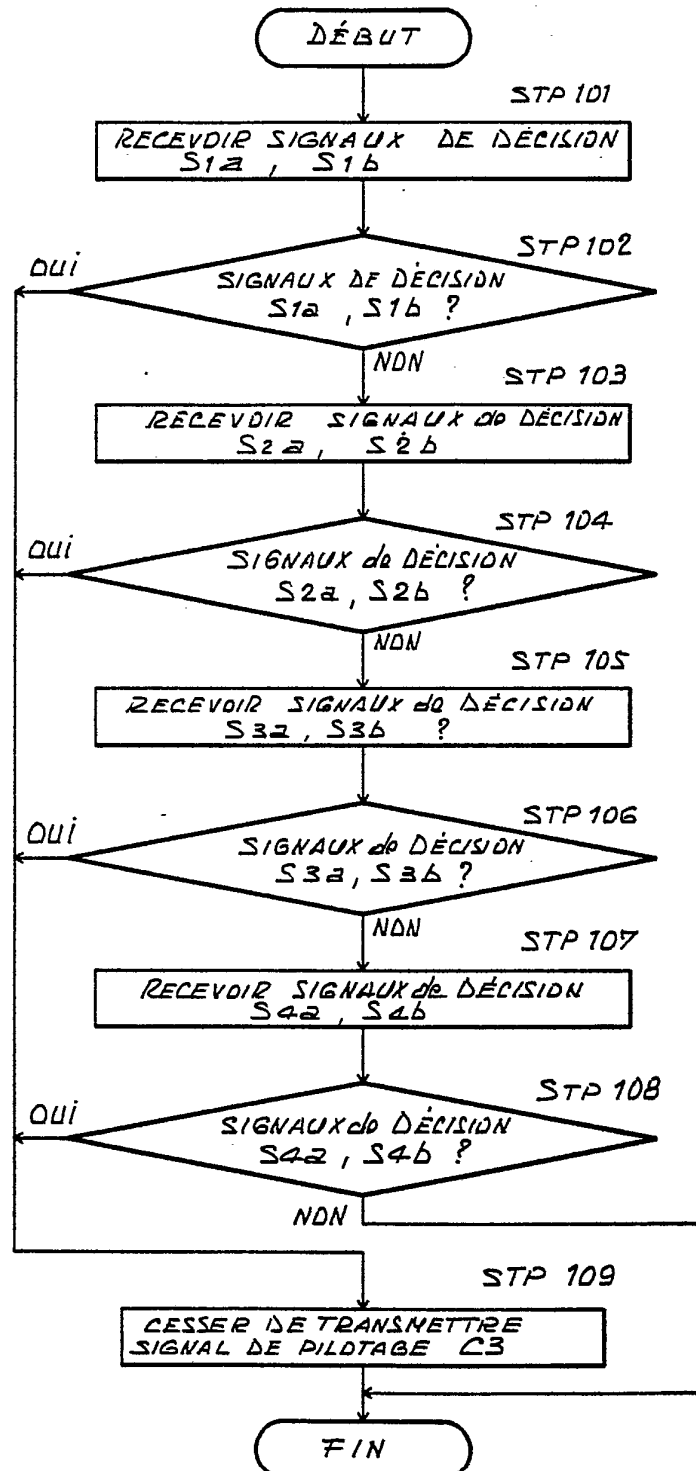


FIG.14



15/20

FIG.15



16/20

FIG.16

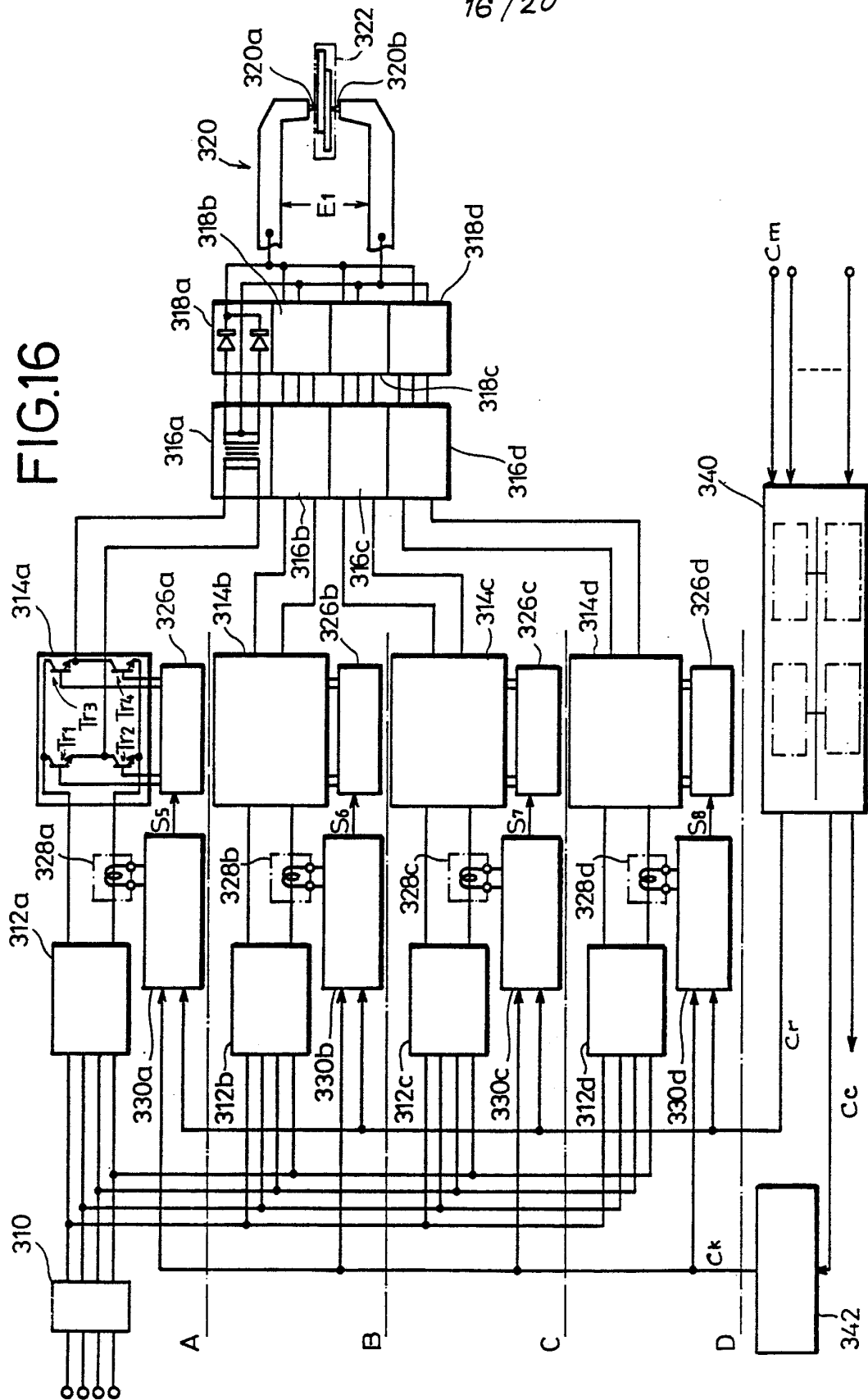
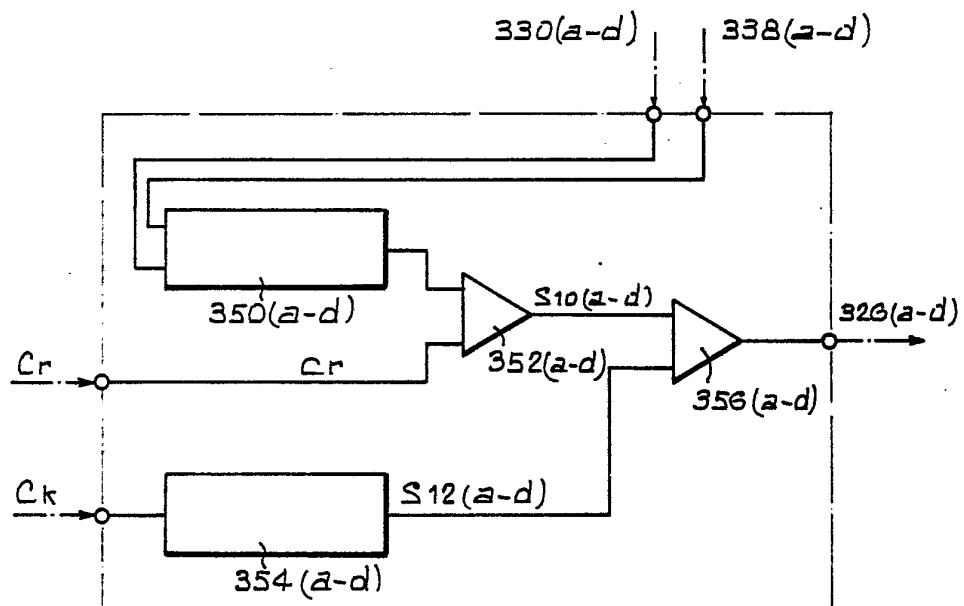


FIG.17



18/20

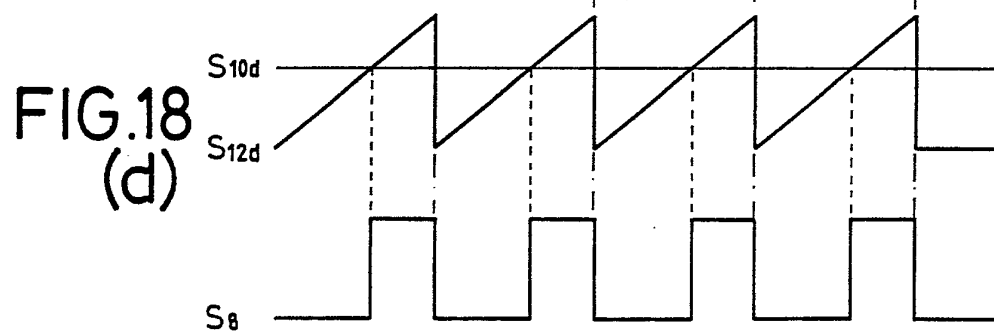
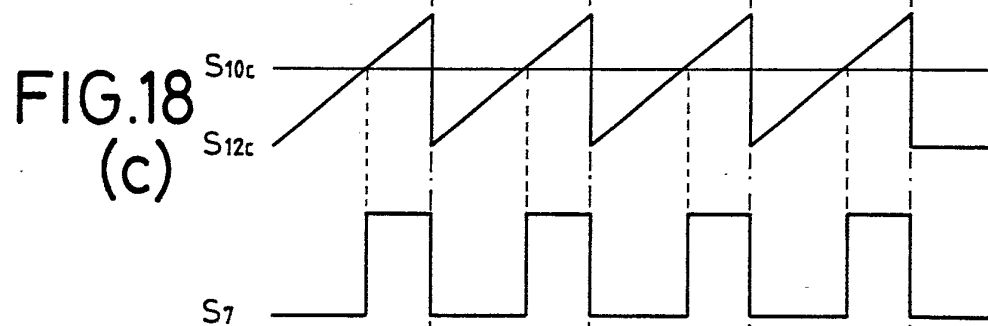
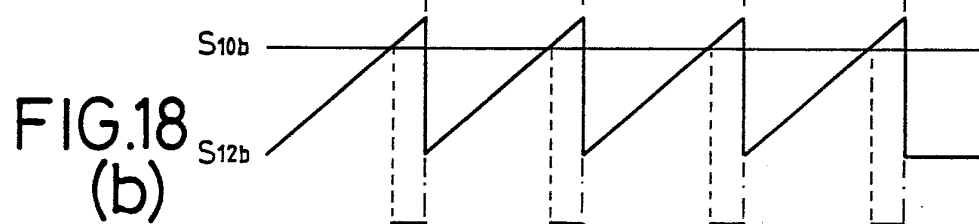
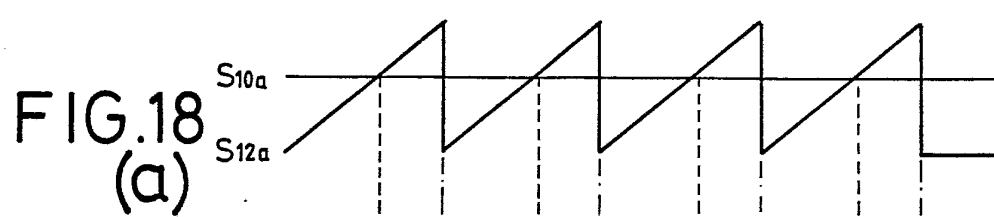


FIG.19

