

INSTITUT DE PHYSIQUE DES HAUTES ENERGIES, SERPUKHOV
Rapport IFVE SPK 70-33

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00100685

SYSTEME DE COMMANDE
DU MECANISME DE TRANSPORT DE FILM DU HPD

B.Ya. Gerasimov, L.F. Zajtsev,
A.A. Ivanov et Yu.T. Proskuryakov

Serpukhov 1970

Traduit au CERN par M. Besroukoff
(Original : russe)
Révisé par N. Mouravieff

(CERN Trans. 71-33)

Genève
Juin 1971

I n t r o d u c t i o n

Le système de commande décrit dans le présent rapport a été élaboré pour le mécanisme de transport de film du dispositif optico-mécanique HPD (construit et exporté par la firme britannique "SOGENIQUE"), qui est à la base du système automatique de traitement des photographies de chambres à traces. La firme ne dote pas le dispositif HPD d'ensembles électroniques, et qui plus est, certains ensembles mécaniques indispensables font également défaut. C'est pourquoi, lors de l'élaboration des ensembles électroniques destinés au système de commande du mécanisme de transport de film, on a également étudié la construction de divers ensembles mécaniques et électromécaniques qu'il fallait ajouter au dispositif acquis. Ces ensembles comprennent des freins électromagnétiques pour les arbres de commande, des mesureurs de rayons des bobines suivant l'épaisseur de film, des tachygénérateurs avec réducteurs pour les moteurs des bobines, etc.

Le schéma général adopté pour le système de commande du mécanisme de transport de film du HPD est analogue à celui décrit brièvement dans /1/.

1. Principes de fonctionnement fondamentaux du mécanisme de transport de film

La fig. 1 représente de façon schématique le mécanisme de transport de film, qui se compose essentiellement des ensembles suivants: une bobine gauche et une bobine droite, deux tambours d'entraînement à vide, deux boîtes à vide et un dispositif de serrage du film sur la fenêtre de projection.

Le rebobinage du film s'effectue à l'aide de tambours à vide, accouplés à des moteurs à rotor imprimé. A l'intérieur des tambours, dans un secteur d'environ 180°, on maintient un vide de 500 à 600 mm de mercure. La pression atmosphérique du côté extérieur du film assure la bonne adhérence du film à la surface du tambour.

Afin d'éviter la distension du film que peuvent provoquer les changements de vitesse pendant le rebobinage, on a prévu des boîtes à vide. La boucle du film est maintenue automatiquement à l'intérieur de

la boîte à vide entre les transducteurs de vide médians, indépendamment de la vitesse de rebobinage. L'arrêt d'urgence du mécanisme en cas d'entraînement de la boucle dans la boîte à vide est assuré par des interrupteurs terminaux situés dans les extrémités des boîtes à vide.

L'image sélectionnée est placée dans la fenêtre de projection au moyen d'un système de comptage d'images suivant les marques de Brenner. Le détecteur à photodiodes des marques de Brenner se trouve à proximité immédiate de la fenêtre de projection.

Une fois que l'image est fixée dans la fenêtre de projection, l'alimentation de tous les moteurs est automatiquement coupée. Afin d'éviter d'éventuels déplacements pendant la projection de l'image, on freine les moteurs à l'aide de freins électromagnétiques. En outre, on a prévu un cadre de serrage pour le serrage mécanique du film sur la glace de référence de la fenêtre de projection. Ce cadre est actionné par une commande pneumatique qui, par une vanne, reçoit de l'air comprimé à une pression de 4 atm. L'adhérence ferme et régulière du film à la glace de référence est assurée par le vide qui arrive par le canal à vide situé sur le pourtour de la glace.

Pendant le rebobinage, le canal à vide reçoit de l'air comprimé qui desserre le film de la glace de référence, l'empêchant ainsi d'être rayé. L'arrivée d'air comprimé ou de vide est commandée par une vanne pneumatique électromagnétique.

Pour contrôler l'épaisseur de film sur les bobines, on a prévu un mesureur de rayon potentiométrique à levier. Le levier du mesureur glisse sur la partie marginale du film, située en dehors de la zone d'observation de la fenêtre de projection.

Les bobines sont équipées de moteurs à rotor imprimé. Chaque moteur possède un tachygénérateur, relié par un réducteur à l'arbre du moteur. Un tachygénérateur à rotor imprimé est placé sur l'arbre même de l'un des moteurs des tambours à vide.

2. Principe de fonctionnement du dispositif de commande du mécanisme de transport de film

La fig. 2 donne le schéma général du dispositif de commande du mécanisme de transport de film. Le fonctionnement de ce mécanisme est commandé à partir d'une calculatrice électronique au moyen du

dispositif de commande du HPD. On a également prévu un régime de fonctionnement à partir d'un simulateur de calculatrice électronique.

Le dispositif de commande du HPD transmet au compteur d'images, par un circuit de porte, le code du nombre d'images dont il faut faire avancer le film pour placer l'image voulue dans la fenêtre de projection. Ce même dispositif commande le circuit de formation du signal indiquant le sens de rebobinage du film. Ce signal sert de signal de start à tout le système de transport de film.

Le compteur d'images, qui fonctionne en régime soustractif, indique au convertisseur digital-analogique combien d'images il reste avant l'image sélectionnée. Le convertisseur forme un signal dont l'amplitude varie en fonction de ce nombre d'images. Ce signal est transmis aux entrées des amplificateurs opérateurs des bobines droite OU3 et gauche OU2 et de l'ensemble des moteurs de commande OUI, et à l'entrée de l'amplificateur à courant continu qui commande le fonctionnement de tous les freins et vannes électromagnétiques.

Les moteurs de tous les ensembles assurent la même vitesse linéaire et la même accélération du film lors du rebobinage. La vitesse des moteurs des bobines est également commandée par les signaux provenant des mesureurs de rayons des bobines, et ceux provenant des transducteurs de vide, qui sont transmis à OU2-OU3 par des circuits de commutation. Le circuit de commutation assure la commutation de la polarité des signaux provenant des transducteurs de vide, en fonction du sens de rebobinage du film. Toutes les commandes sont englobées par une réaction tachymétrique inverse dont les signaux sont relevés sur les tachygénérateurs TG1-TG3 et transmis aux entrées de OUI-OU3 par des circuits de formation de réaction inverse.

Le comptage des images se fait suivant les marques de Brenner. Ces dernières sont détectées au moyen d'un détecteur à photodiodes, relié au compteur d'images par un formateur.

Au fur et à mesure que l'image sélectionnée approche de la fenêtre de projection, à partir de la 16e image, la vitesse d'entraînement du film diminue, afin d'assurer la mise en place précise de l'image choisie dans la fenêtre de projection. A l'avant-dernière image, cette vitesse est faible (en moyenne 5 à 6 cm/s). Lorsque la dernière marque de Brenner passe devant le détecteur à photodiodes, les sorties de OUI-OU3 se bloquent; les freins électromagnétiques de tous les moteurs

s'enclenchent, le film est serré contre la glace de référence à l'aide du cadre de serrage, et le canal à vide est branché sur le vide.

Le renversement de marche des moteurs s'effectue par l'enclenchement des thyristors respectifs dans les circuits en pont, dans la diagonale desquels sont branchés les moteurs. La commande à thyristors avec transformation par variation de la largeur du signal de commande utilisée dans le présent système est décrite de façon détaillée dans /2/.

On peut contrôler visuellement la position de la boucle dans les boîtes à vide sur les indicateurs à tubes à décharge gazeuse.

3. Détection des marques de Brenner

Le système de détection des marques de Brenner se compose d'un récepteur à photodiodes, d'un appareil d'éclairage et d'un circuit de formation du signal du compteur d'images.

L'appareil d'éclairage émet un faisceau lumineux qui frappe toutes les photodiodes du récepteur. La fig. 3 donne le schéma du circuit principal du détecteur des marques de Brenner et du formateur. La même figure montre la position des photodiodes du récepteur D1-D8 par rapport aux marques de Brenner au moment de leur détection.

Le nombre de photodiodes dans le récepteur, et leurs divers circuits d'enclenchement peuvent varier /3/. Pour améliorer la protection contre les perturbations, il est souhaitable de placer dans le circuit de la marque de Brenner le plus grand nombre de photodiodes possible. Cependant les dimensions des photodiodes fabriquées industriellement en série limitent ce nombre. La tension sur les photodiodes est stabilisée par les stabilitrons D9 et D10. Les photodiodes agissent sur une charge commune. Le signal de la charge, passant par un amplificateur à émetteur asservi utilisant le transistor T1, est transmis à l'entrée de la bascule de Schmitt, assemblée avec les transistors T2 et T3. A l'entrée de la bascule se trouve une chaîne d'intégration R7, C1, qui élimine les faux déclenchements de la bascule, produits par des impulsions parasites. La constante de temps de cette chaîne est choisie de telle sorte que la bascule soit actionnée par les signaux du récepteur à photodiodes, à la vitesse de rebobinage maximum.

Le flanc de montée du signal provenant de la bascule de Schmitt est différentié et, après avoir été amplifié par le transistor T5, est utilisé pour la mise en marche du compteur d'images.

4. Circuit de formation du signal de vitesse

La fig. 4 donne le schéma du circuit de formation du signal de vitesse, qui comprend le convertisseur digital-analogique, le compteur d'images et le circuit de commande du compteur. Le compteur d'images, un compteur binaire à 12 colonnes, fonctionne en régime soustractif. Le nombre de colonnes du compteur est déterminé par le nombre possible d'images sur un film pouvant atteindre 300 m de long (jusqu'à 3000 images).

Depuis le dispositif de commande du HPD, le code du nombre d'images à rebobiner est transmis au circuit de porte I3-I14 du compteur. L'enregistrement parallèle de ce nombre ne se fait qu'après réception du signal V ou N, correspondant au sens de rebobinage prescrit (V = "avant", N = "arrière"). A la sortie du circuit "OU", le flanc de montée du signal de sens est différentié, et, par l'inverseur I1, il déclenche deux univibrateurs, assemblés avec les éléments I5, I1, I6, I2. Le premier univibrateur forme l'impulsion de remise à zéro, transmise au compteur par l'inverseur I2. L'impulsion du second univibrateur, passant par l'inverseur I3, est transmise aux entrées J, K, des triggers du compteur, en vue de bloquer les entrées de comptage de ces triggers pendant l'enregistrement parallèle du code. Le flanc arrière de l'impulsion de remise à zéro est différentié et, par l'inverseur I4, est transmis à la barre d'interrogation du circuit de porte. L'impulsion aux entrées K, J, des triggers doit recouvrir, dans le temps, l'impulsion d'interrogation. Dans ce cas, le transfert dans le compteur est exclu.

La détection des marques de Brenner s'effectue lorsque le film est en mouvement et, avec chaque image qui passe, le nombre enregistré au compteur diminue d'une unité. Le signal du détecteur des marques de Brenner est transmis à l'entrée de comptage du compteur.

Le compteur est relié au convertisseur digital-analogique R5-R17 par les diodes de découplage D1-D12. Les valeurs des résistances du convertisseur digital-analogique sont choisies en fonction de

la modification de vitesse de déplacement du film requise. A partir de la quatrième colonne, les résistances R9-R16 dans le convertisseur digital-analogique sont identiques, ce qui correspond à la vitesse maximum de rebobinage du film. Le signal du convertisseur digital-analogique est transmis aux circuits de commande des moteurs, par les amplificateurs à émetteur asservi T1-T3, et à l'amplificateur à courant continu, qui est relié au circuit de commande des freins et des vannes électromagnétiques.

5. Circuit de formation des signaux auxiliaires

Au nombre des signaux auxiliaires, on compte: les signaux des transducteurs de vide, les signaux des mesureurs de rayons des bobines, les signaux de réaction inverse des tachygénérateurs.

La fig. 5 représente le circuit de formation de ces signaux pour une des bobines.

Pour assurer un régime de fonctionnement réversible du mécanisme de transport de film, les signaux transmis aux systèmes de commande des moteurs des bobines depuis les transducteurs de vide VD1-VD8 doivent remplir des fonctions différentes. Lors du rebobinage dans un sens, les signaux de certains transducteurs de vide doivent augmenter la vitesse du moteur de la bobine correspondante; lors du rebobinage dans le sens inverse, ils doivent, au contraire, diminuer la vitesse de ce même moteur. C'est pourquoi la polarité des tensions alimentant les transducteurs de vide change en fonction du sens de rebobinage. Le changement de la polarité s'effectue à l'aide du relais électromagnétique R1, qui est commandé par le signal du trigger de sens, par l'intermédiaire des transistors T1 et T2. Les signaux des transducteurs de vide médians ont moins d'effet sur la vitesse du moteur que ceux des transducteurs situés aux extrémités.

Pour permettre de réaliser la réaction inverse, le signal du tachygénérateur doit avoir la même polarité, indépendamment du sens de rebobinage. C'est pourquoi on a prévu un circuit de commutation de ce signal, qui est réalisé avec les diodes D1-D4.

Le signal du mesureur du rayon de la bobine, qui apparaît sur le potentiomètre R13, est négatif par rapport au signal de vitesse. Il doit modifier la vitesse du moteur de la bobine lorsque l'épaisseur

de film sur cette bobine change.

6. Circuit de commande des vannes et des freins

Les freins électromagnétiques des moteurs des bobines s'enclenchent lorsqu'ils sont mis sous tension d'alimentation. Les freins électromagnétiques des tambours d'entraînement ont été prévus, pour des raisons de construction, avec un régime de fonctionnement inverse, c'est-à-dire qu'ils s'enclenchent lorsque l'alimentation de leurs enroulements cesse. En outre, on a constaté que ces enroulements pouvaient être branchés en parallèle avec ceux des vannes.

La fig. 6 donne le schéma du circuit de branchement des enroulements des freins OT1-OT4 et des enroulements des vannes OK1-OK2. Lorsqu'il n'y a pas de signal à l'entrée de l'amplificateur à courant continu, tous les freins sont enclenchés, la vanne de commande pneumatique du cadre de serrage OK1 est enclenchée (l'image est serrée), la vanne pneumatique OK2 est enclenchée (le canal à vide est branché sur l'artère à vide).

7. Circuit d'adaptation de l'amplificateur opérateur au modulateur par variation de la largeur des impulsions

Lorsque le film est transporté d'un grand nombre d'images, le signal à la sortie de l'amplificateur opérateur peut dépasser la valeur maximum admise à l'entrée du modulateur par variation de la largeur des impulsions. Ceci peut fausser le fonctionnement du modulateur. Pour éliminer cet effet, le signal à la sortie de l'amplificateur opérateur est limité par le stabilitron D1 (fig. 7).

La diode D2 a été prévue pour interdire l'entrée du modulateur au signal de polarité positive qui peut apparaître à la sortie de l'amplificateur opérateur.

Au moment où le système s'arrête, lorsque l'image sélectionnée a été placée dans la fenêtre de projection, il se peut que la boucle du film dans la boîte à vide ne se trouve pas exactement entre les transducteurs de vide médians. Il en résultera qu'une certaine tension subsistera sur les moteurs des bobines. La présence, sur les moteurs, d'une tension, aussi infime soit-elle, ne peut être tolérée.

C'est pourquoi on a prévu, dans le circuit, le blocage du signal de l'amplificateur opérateur à l'aide d'un circuit de commutation, réalisé avec les transistors T1 et T2 et commandé depuis l'amplificateur à courant continu.

8. Régime de fonctionnement et données expérimentales

La fig. 7 représente le circuit sommateur de tous les signaux de commande sur l'amplificateur opérateur pour le système de commande de l'une des bobines. L'amplificateur opérateur utilisé dans le présent système est décrit en /4/.

La résistance de réaction inverse R5 est optimale pour l'amplificateur utilisé, du point de vue du temps et de la qualité du processus transitoire de l'amplificateur proprement dit.

La valeur de la résistance totale pour le signal de vitesse a été déterminée à partir de la caractéristique:

$$n_{\text{d}} = f(u_{\text{comm.}}) \text{ pour } M = \text{const.}$$

(cette caractéristique figure dans /2/; ici n_{d} = nombre de tours du moteur; $u_{\text{comm.}}$ = valeur du signal à l'entrée du modulateur par variation de la largeur des impulsions; M = moment de charge sur l'arbre du moteur) à la vitesse maximum de rebobinage et à l'amplitude maximum du signal du convertisseur digital-analogique, compte tenu de l'éventuelle réaction inverse du tachygénérateur.

Pour augmenter la précision de la mise en place de l'image dans la fenêtre de projection, il est souhaitable que le temps d'établissement du processus transitoire de régulation de la vitesse soit court. Expérimentalement, on a obtenu, en optimisant la résistance totale pour le signal du tachygénérateur, un processus à temps d'établissement de ≤ 200 ms, soit plusieurs fois inférieur à celui d'un système dépourvu de réaction tachymétrique inverse.

L'évaluation du processus transitoire a été faite pour une vitesse de rebobinage correspondant à celle utilisée au passage de la dernière image (environ 50 mm/s), avec un film de 70 mm de large.

Le signal du mesureur du rayon de la bobine est utilisé pour modifier la vitesse du moteur de cette bobine en fonction de l'épaisseur de film enroulée. La résistance totale pour ce signal a été

déterminée en fonction de la gamme du signal provenant du potentiomètre du mesureur.

Les résistances totales pour les signaux des transducteurs de vide ont été sélectionnées expérimentalement, pour la vitesse de rebobinage maximum.

Caractéristiques fondamentales du mécanisme de transport de film:

Longueur du rouleau - jusqu'à 300 m
Largeur du film - 35 mm, 50 mm, 70 mm

Lorsque la largeur des films change, il est indispensable de changer certains ensembles mécaniques du système de transport de film.

Type de film - perforé ou non perforé. Temps de réponse des freins électromagnétiques des arbres de commande - 20 ms.

La précision de la mise en place de l'image dans la fenêtre de projection n'est pas inférieure à 0,5 mm, la vitesse à la dernière image étant de 50 mm/s environ. Temps de mise en place de l'image choisie - 2-3 s à 75 s (rebobinage du film en entier).

En conclusion, les auteurs expriment leur reconnaissance à M.I. Popov pour sa participation aux discussions, T.K. Tokareva, R.A. Barabanov, K.I. Chebotov, N.F. Vinogradov, V.I. Malina pour la réalisation des ensembles électroniques et des travaux mécaniques, S.I. Zhigalin, B.S. Shembel, L.A. Vinogradova, V.Ya. Medved pour la construction des ensembles mécaniques du système de transport de film et V.I. Baranov pour la préparation d'un film d'essai de 70 mm.

B i b l i o g r a p h i e

1. M. Benot, B.W. Evershed, R. Messerli et al. "The HPD Mark 2 Flying-Spot Digitizer at CERN". CERN 68-4, Data Handling Division, 6 February 1968.
2. L.F. Zajtsev, A.A. Ivanov. Preprint IFVE 70-10, Serpukhov, 1970.
3. G. Durupthy, H. List, J. Sharp. "On Detectors for Automatic Film Stop Devices". CERN 66-36, Data Handling Division, 23 December, 1966.
4. B.Ya. Gerasimov, L.F. Zajtsev, A.A. Ivanov. Preprint IFVE 70-32, Serpukhov, 1970.

Fig. 1. Schéma du mécanisme de transport de film.

- | | | | |
|-----|--------------------------------|-----|-------------------------|
| 1. | Tachygénérateur TG1 | 27. | Canal à vide |
| 2. | Frein électromagnétique 1 | 28. | Fenêtre de projection |
| 3. | Moteur 1 | 29. | Vide |
| 4. | Tambour à vide | 30. | Vanne pneumatique |
| 5. | Tachygénérateur TG2 | 31. | Vide - Air comprimé |
| 6. | Réducteur | 32. | Vanne |
| 7. | Moteur 3 | 33. | Commande pneumatique du |
| 8. | Frein électromagnétique 3 | | cadre de serrage |
| 9. | Bobine gauche | | |
| 10. | Mesureur du rayon de la bobine | | |
| 11. | Film | | |
| 12. | Boîtes à vide | | |
| 13. | Vide | | |
| 14. | Transducteurs de vide | | |
| 15. | Interrupteur d'extrémité | | |
| 16. | Mesureur du rayon de la bobine | | |
| 17. | Bobine droite | | |
| 18. | Frein électromagnétique 4 | | |
| 19. | Moteur 4 | | |
| 20. | Réducteur | | |
| 21. | Tachygénérateur TG3 | | |
| 22. | Tambour à vide | | |
| 23. | Frein électromagnétique 2 | | |
| 24. | Moteur 2 | | |
| 25. | Vide | | |
| 26. | Détecteur à photodiodes | | |

Fig. 2. Schéma général du système de commande du mécanisme de transport de film.

1. En provenance du système de commande du HPD
2. Interrogation
3. 12 colonnes
4. Circuit de porte
5. En provenance du système de commande du HPD
6. Détecteur des marques de Brenner
7. Formateur
8. Compteur d'images
9. Convertisseur digital-analogique
10. Amplificateur opérateur des moteurs d'entraînement OUI
11. Ensemble des moteurs d'entraînement
12. Modulateur par variation de la largeur des impulsions
13. Circuit de formation de la réaction inverse
14. Pont à thyristors
15. Tachygénérateur TGI
16. Moteur 1
17. Frein électromagnétique 1
18. Moteur 2
19. Frein électromagnétique 2
20. "Avant"
21. "Arrière"
22. Circuit de formation du signal de sens de rebobinage
23. Amplificateur à courant continu
24. Circuit de commande des freins et des vannes pneumatiques
25. En direction des vannes
26. Blocage du signal provenant du modulateur par variation de la largeur des impulsions

Fig. 2. (Suite)

27. Tachygénérateur TG2
28. Circuit de formation de la réaction inverse
29. Circuit de formation de la réaction inverse
30. Tachygénérateur TG3
31. Réducteur
32. Réducteur
33. Moteur 3
34. Frein électromagnétique 3
35. Pont à thyristors
36. Modulateur par variation de la largeur des impulsions
37. Amplificateur opérateur OU2
38. Amplificateur opérateur OU3
39. Modulateur par variation de la largeur des impulsions
40. Pont à thyristors
41. Moteur 4
42. Frein électromagnétique 4
43. Indicateur de la position de la boucle
44. Transducteur de vide
45. Circuit de commutation
46. Mesureur du rayon de la bobine
47. Bobine gauche
48. Mesureur du rayon de la bobine
49. Circuit de commutation
50. Transducteur de vide
51. Indicateur de la position de la boucle
52. Bobine droite

Fig. 3. Circuit de détection des marques de Brenner

(A = D = détecteur)

1. En direction du compteur d'images

Fig. 4. Circuit de formation du signal de vitesse

1. En direction du trigger de sens
2. En provenance du circuit de formation des marques de Brenner
3. 12 colonnes en provenance du système de commande du HPD
4. Circuit de porte
5. Remise à zéro
6. Blocage J, K
7. Interrogation
8. Compteur d'images
9. En direction du circuit de commande du moteur de la bobine gauche
10. En direction du circuit de commande du moteur de la bobine droite
11. En direction du circuit de commande des moteurs des tambours à vide
12. En direction de l'amplificateur à courant continu

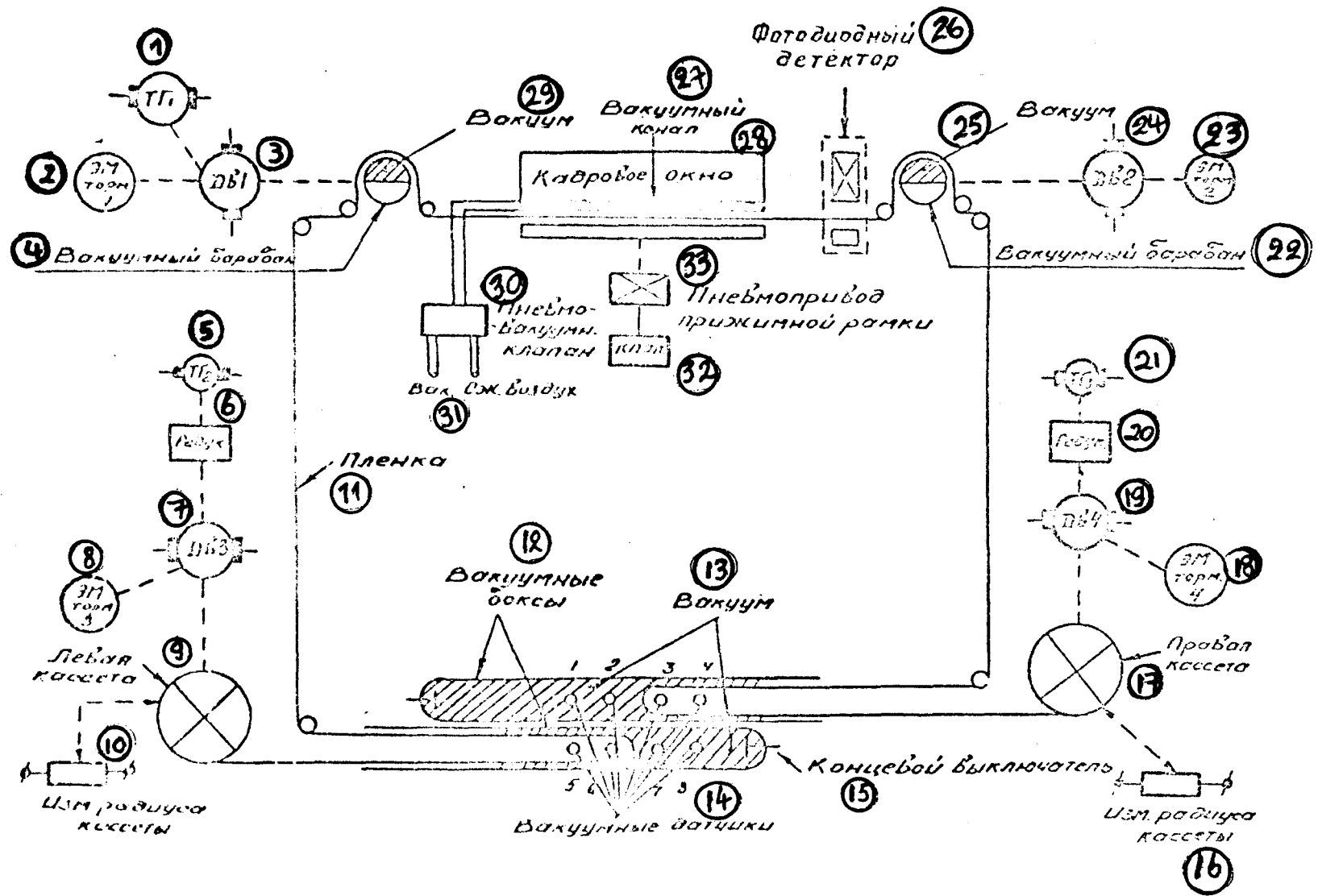


Fig. 1

Fig. 5. Circuit de formation des signaux auxiliaires

1. En direction du trigger de sens
2. Amplificateur opérateur OU2
3. En direction du modulateur par variation de la largeur des impulsions
4. En provenance du circuit de formation des signaux de vitesse
5. Potentiomètre du mesureur de rayon de la bobine

Fig. 6. Circuit d'enclenchement des freins électromagnétiques

1. En provenance du convertisseur digital-analogique
2. Amplificateur à courant continu

Fig. 7. Circuit d'adaptation de la réaction inverse au modulateur par variation de la largeur des impulsions

1. En provenance du circuit de formation des signaux de vitesse
2. Amplificateur opérateur OU2
3. En provenance des transducteurs de vide
4. En provenance du mesureur de rayon de la bobine
5. En provenance du tachygénérateur
6. En provenance du circuit de formation des signaux auxiliaires
7. En provenance de l'amplificateur à courant continu
8. En direction du modulateur par variation de la largeur des impulsions

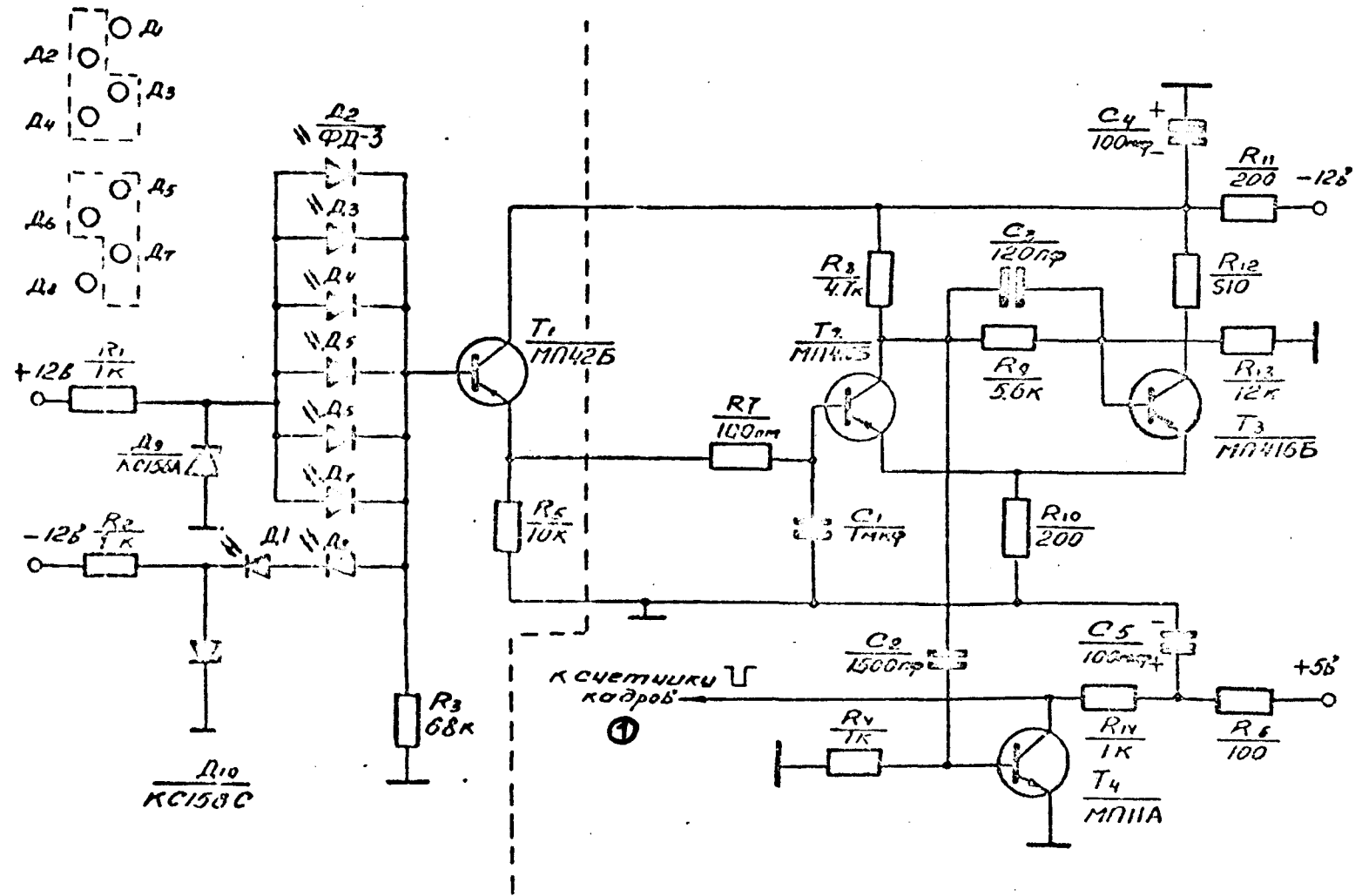


Fig. 3

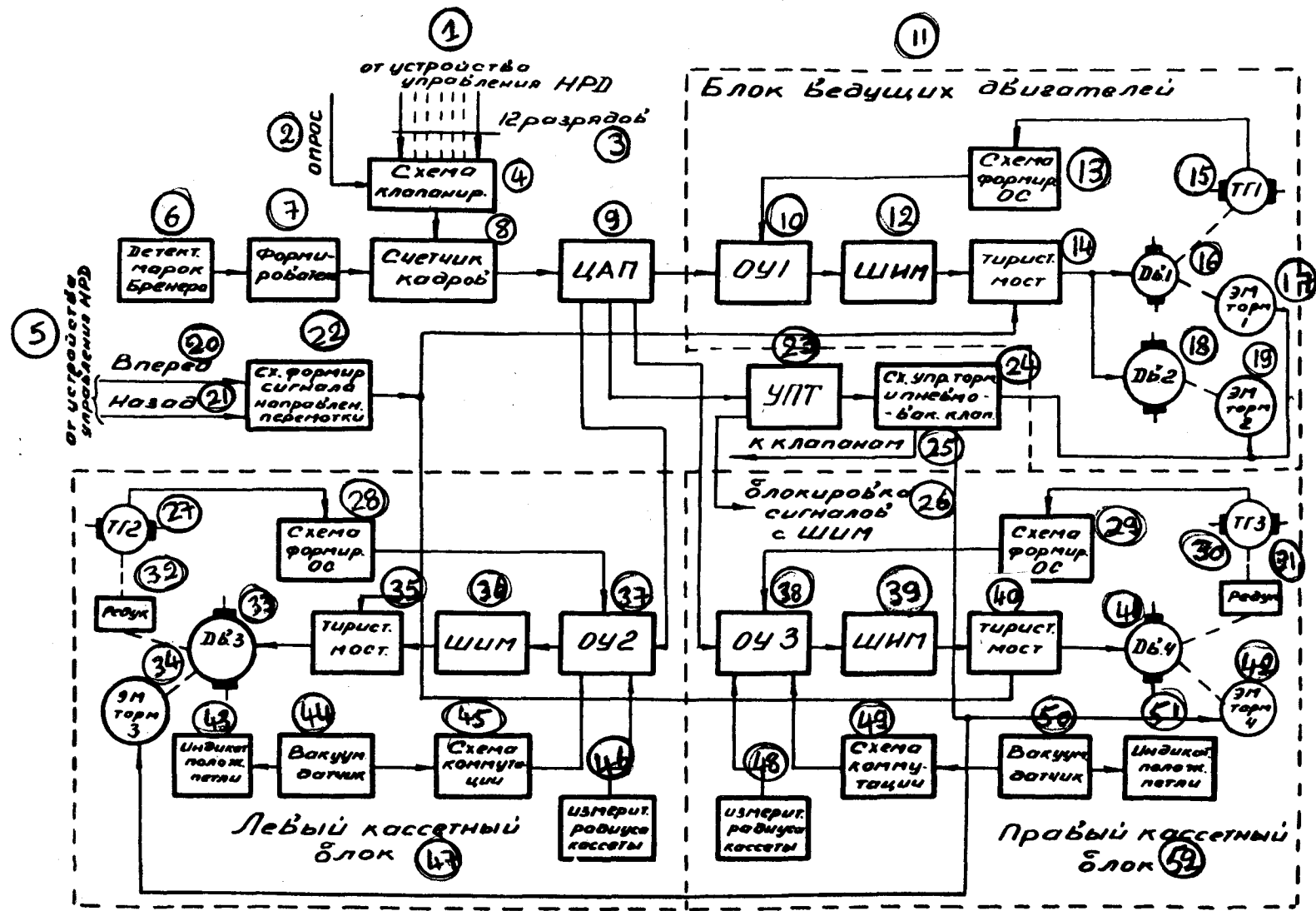


Fig. 2

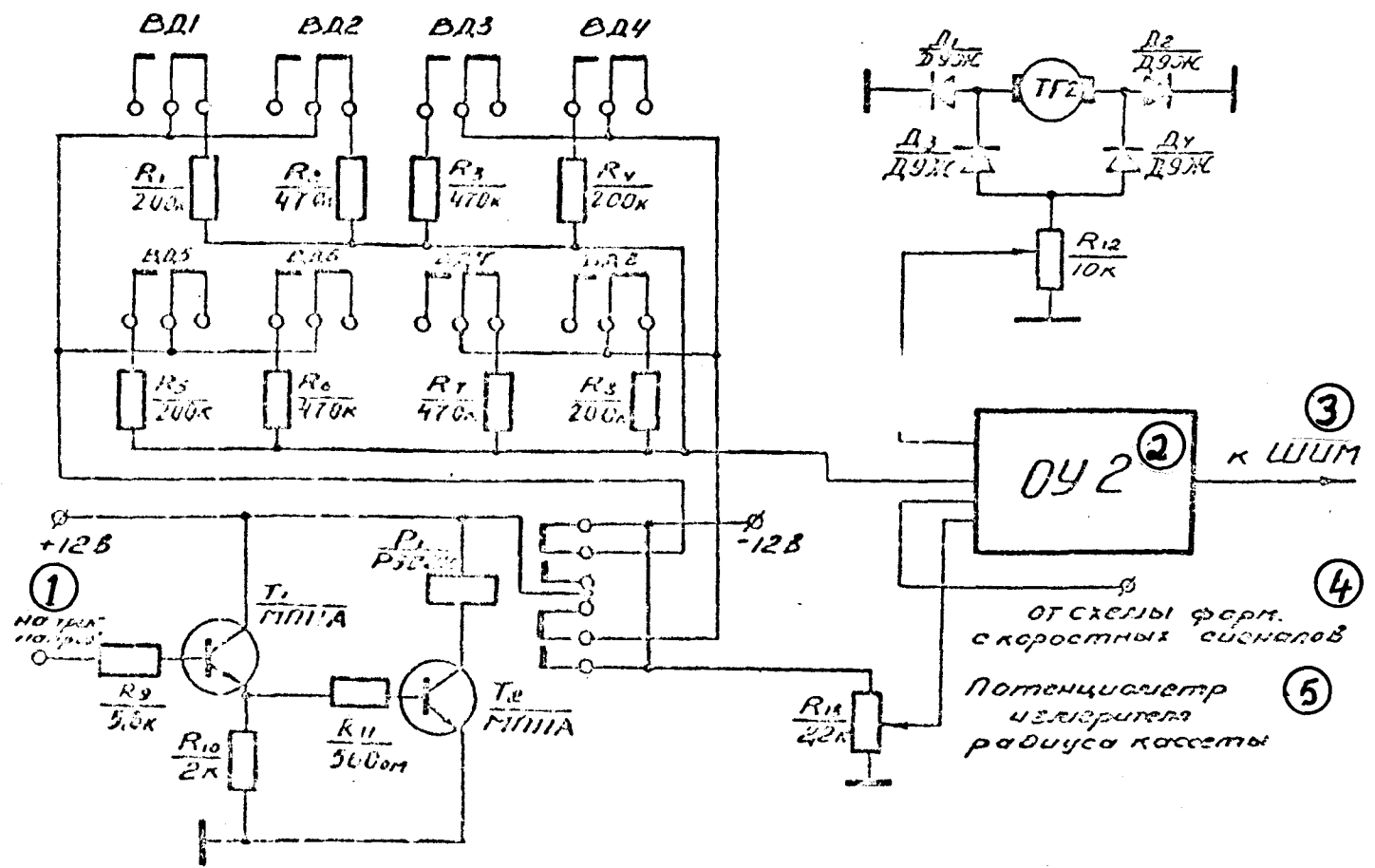


Fig. 5

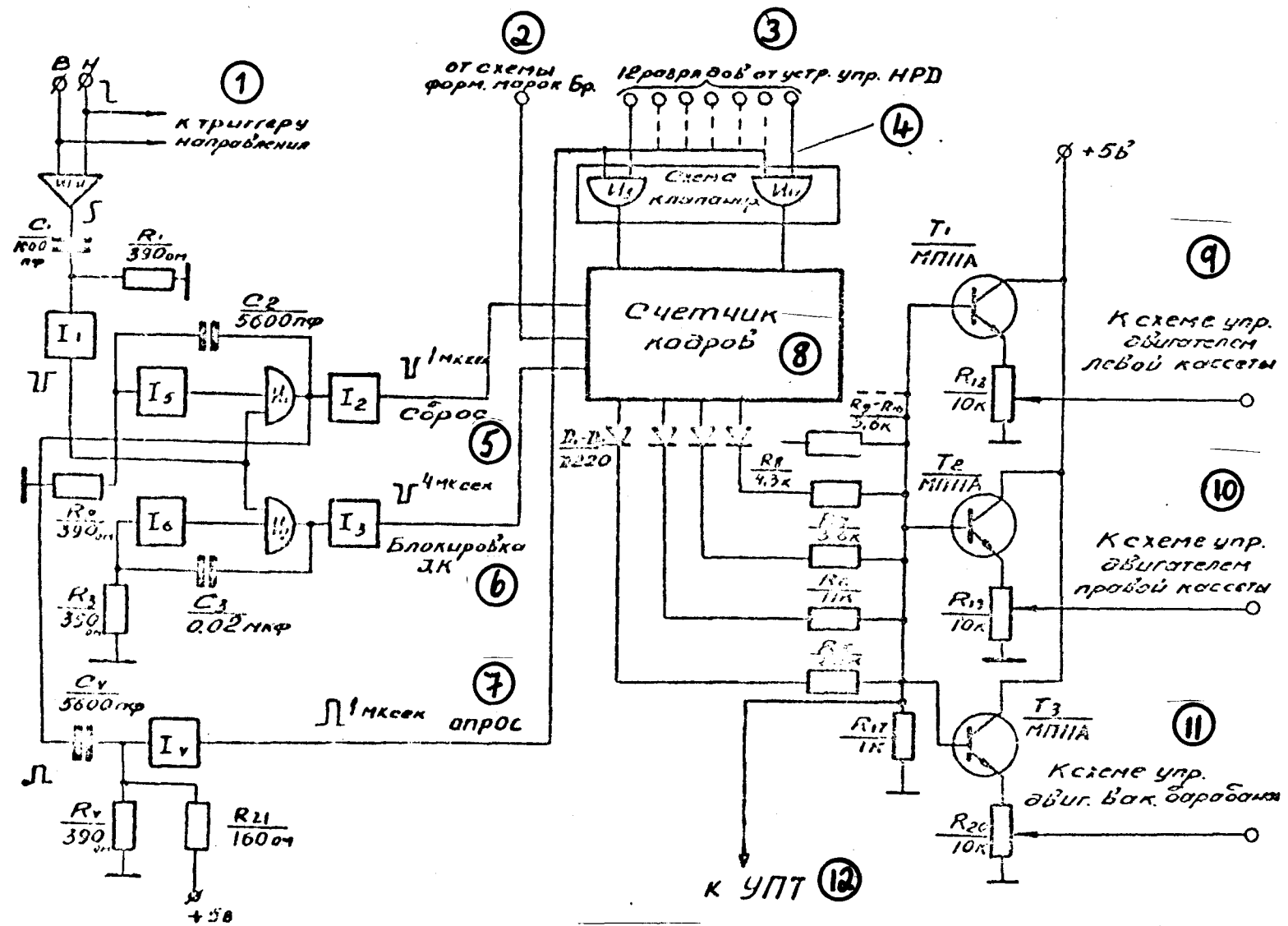


Fig. 4

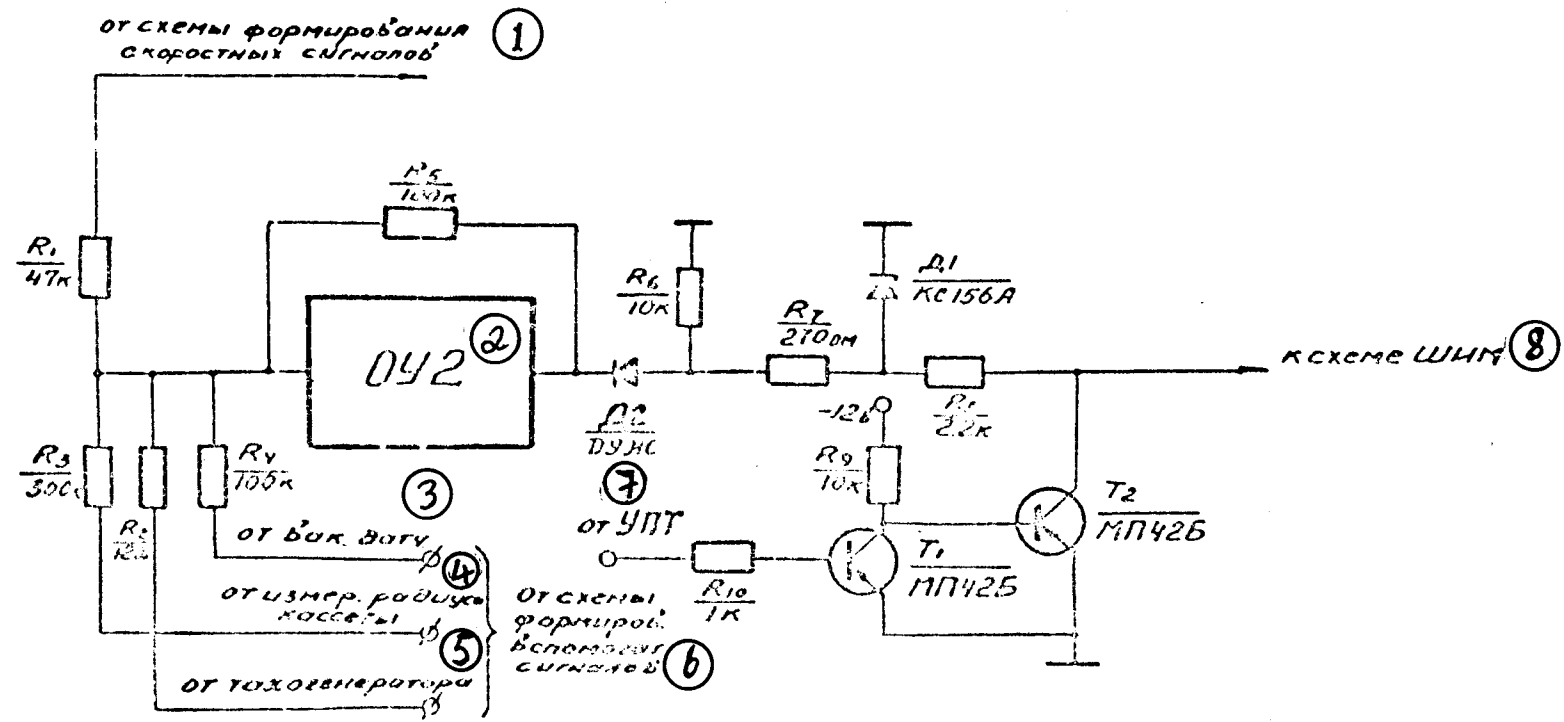


Fig. 7

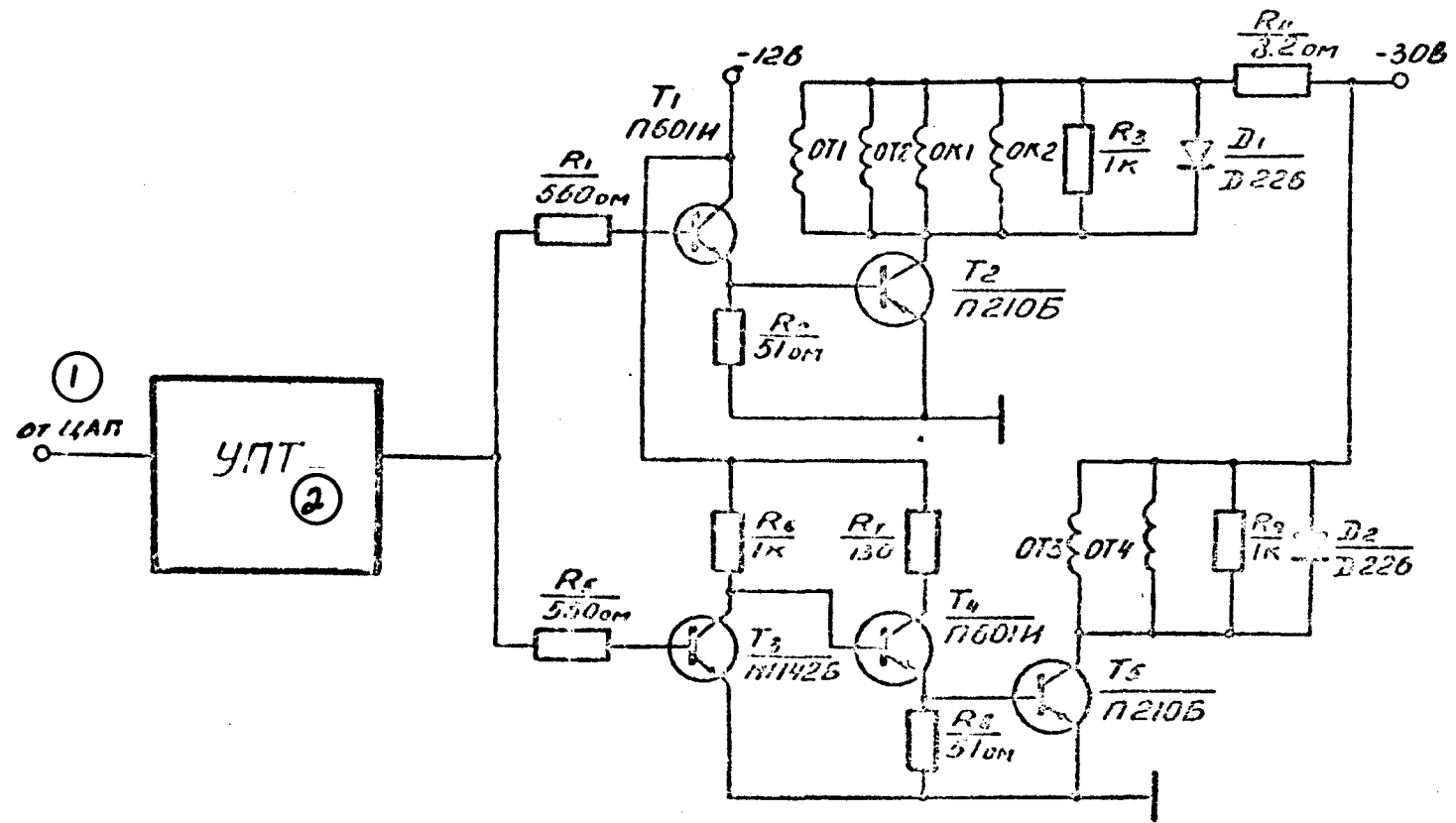


Fig. 6