

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

JAROSLAV HRABAK

Réglage statistique automatique

Revue de statistique appliquée, tome 12, n° 3 (1964), p. 105-110

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1964__12_3_105_0

© Société française de statistique, 1964, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

REGLAGE STATISTIQUE AUTOMATIQUE

par Jaroslav HRABAK
Institut National de Recherche Technique
de la Chaleur, Prague, Tchécoslovaquie

Dans le domaine de la production automatisée, le contrôle technique est effectué en général au moyen d'appareils de contrôle automatique, à rétro-action agissant directement sur la marche de l'équipement de production.

La mise au point de tels dispositifs exige de nombreuses recherches tant pour poser convenablement et résoudre les problèmes statistiques d'observation et d'interprétation de l'information recueillie que pour mettre au point les dispositifs techniques qui, à partir de là, déclencheront l'action efficace.

Cette courte note de Hrabak, qui donne quelques indications sur les principes directeurs de ces études, est suivie d'une importante bibliographie relative à ces questions qui ont fait l'objet d'importants travaux de l'Institut National de Recherche Technique de la Chaleur de Prague.

I - INTRODUCTION

Dans la production moderne en grandes quantités ou en grandes séries, les méthodes statistiques ont été introduites sur une vaste échelle. Au fur et à mesure que la mécanisation et l'automatisation se développent et que les exigences posées par le contrôle des processus de fabrication augmentent, apparaît la nécessité d'automatiser les opérations de contrôle et d'établir un système à rétro-action afin de contrôler le processus. Ce dernier étant soumis à des effets ayant un caractère systématique aussi bien qu'aléatoire, un contrôle rationnel ne peut se passer de connaissances spéciales, théoriques et pratiques, ou d'applications de la statistique mathématique. Il en est ainsi dans la majorité des opérations rencontrées dans le domaine industriel, et surtout dans l'usinage des métaux. Les phénomènes à caractère stochastique ont tendance à rendre le contrôle des opérations moins précis ; c'est pourquoi il est indiqué de minimiser cet inconvénient par l'emploi d'appareils statistiques d'évaluation, branchés sur les circuits de réglage à rétro-action, entre les organes de mesure et les organes de compensation. Un appareil statistique de ce genre effectue l'évaluation des résultats, indiqués par l'organe de mesure, suivant les critères de la statistique mathématique, décidant ainsi de l'action de l'organe compensateur.

II - REVUE DE QUELQUES REALISATIONS EXISTANTES DE REGLAGE STATISTIQUE

Les appareils de contrôle statistique réalisés jusqu'ici peuvent être classés dans les deux groupes suivants :

a) appareils qui, à partir de l'évaluation statistique de la mesure, émettent des signaux qui, à leur tour, provoquent une modification du réglage de l'équipement de production ;

b) appareils qui, à partir de l'évaluation statistique de la mesure, signalent la nécessité de débrayer l'équipement de production.

Ce sont surtout les appareils du premier type qu'on emploie pour le contrôle de la production ; on y reviendra plus en détail par la suite. Les appareils du deuxième type sont destinés à surveiller la qualité. Parmi les exemples indiqués dans la littérature, on peut citer le tour automatique de la firme Jones et Lamson, dont on se sert dans les lignes de fabrication des stators de moteurs électriques, et qui travaille sur le principe statistique [L 1]. Un contrôle automatique compense l'écart causé par l'usure de l'outil coupant, une intervention de réglage ayant lieu quand un nombre prédéterminé de pièces usinées successivement est classé, lors de la mesure, dans une zone spécifiée d'avance et voisine de la limite supérieure ou inférieure de tolérance.

Quelques types d'appareils d'évaluation de la firme Bryant travaillent, également, sur le principe d'itération [L 2]. La littérature signale aussi le circuit de réglage statistique conçu par Sargrove Electronics [L 3] et employé, par exemple, dans la production de cables, pour contrôler la machine à enrober les conducteurs dans un corps isolant. En U. R. S. S., dans une usine de chaînes à articulation de Krasnodar, a été installée une machine à meuler sans pointes dont le contrôle est effectué suivant les principes statistiques. Tous les appareils indiqués ci-dessus sont branchés sur des circuits dont tous les organes fonctionnent sans cesse. Il existe aussi des systèmes statistiques de réglage dont les organes de mesure ne fonctionnent que pour des pièces choisies à partir de l'évaluation des résultats, et en ajustant l'équipement d'une manière correspondante. Ce groupe comprend, entre autres, les appareils conçus à l'Institut National de Recherche Technique de la Chaleur (Tchécoslovaquie). Dernièrement la littérature signale aussi l'appareil de la firme Johanson, qui contrôle une pièce sur n. A notre Institut, on a conçu en 1958 et mis à l'essai en 1959 (en coopération étroite avec l'Institut de Recherche des Paliers de Roulement de Brno) un modèle fonctionnel d'un appareil statistique de réglage travaillant sur le principe de choix [L 4]. L'appareil est branché dans le circuit de réglage d'une machine à meuler sans pointes TOS 4B pour le meulage de rouleaux coniques de paliers de roulement. Les résultats des essais ont été très satisfaisants [L 5]. Les écarts de diamètres des rouleaux meulés ne dépassaient pas $\pm 2,7$ après la dernière opération, tandis qu'avec le contrôle manuel et la compensation de l'usure de la meule, la dispersion finale des diamètres des rouleaux était à peu près dix fois plus grande. Une brève description de l'appareil et quelques résultats des essais sont indiqués dans la publication [L 6].

En 1960, on a conçu et construit un appareil spécial de contrôle pour les machines à meuler TOS 4B, qui travaillent des rouleaux de type normal et conique [L 7]. Un changement du mode de contrôle - qui est différent suivant les formes individuelles - s'effectue par remplacement d'une des unités interchangeable.

En 1961, on a conçu et construit un modèle fonctionnel d'un appareil statistique de contrôle pour un système de compensation de l'usure de la meule employée sur des machines à meuler sans pointes BB6 et BB10. Nous croyons utile de décrire cet appareil de plus près.

III - APPAREIL STATISTIQUE DE REGLAGE DE SVUTT

L'appareil statistique de réglage [L 9] à mise au point automatique des paramètres optimaux de réglage comprend les unités de base suivantes (fig. 1) :

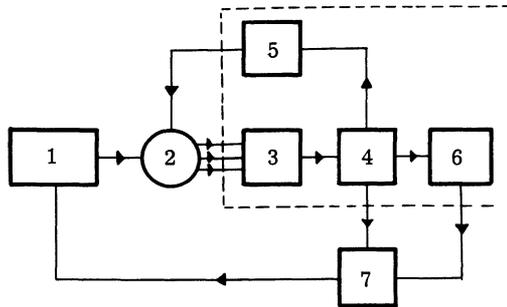


Fig. 1-Appareil statistique de réglage

1/ Unité d'évaluation 3 qui, se basant sur les informations sur la valeur mesurée, (-), (0), (+), établit la différence r selon la méthode de groupes ;

2/ Unité de mémoire 4 qui garde le résultat de l'évaluation pendant l'intervalle de contrôle, et ajuste les constantes de temps du relais de contrôle de temps 5 ;

3/ Relais de contrôle de temps 5, qui contrôle le cycle du contrôle statistique automatique ;

4/ Unité 6 de changement de grandeur du pas de réglage, qui enregistre l'arrivée successive des intervalles extrêmes de contrôle qui correspondent directement à l'arrivée des plus grandes ou des plus petites valeurs possibles des caractéristiques de choix.

L'interconnexion des unités de base constituant l'appareil statistique est décrite ci-dessous.

Les informations sur la valeur de l'écart (-), (0), (+) constaté sur la pièce fabriquée par l'installation 1 sont passées de l'appareil de mesure 2 (comparateur électronique IBM Tesla Jihlava) à l'unité d'évaluation 3. L'entrée de l'unité est adaptée, soit à la mesure de rouleaux avec signaux arrivant de l'appareil en succession continue correspondant aux écarts constatés (les rouleaux se déplaçant sous le capteur de mesure), soit à la mesure de rouleaux coniques qui restent immobiles lors de la mesure, l'appareil de mesure n'émettant qu'une seule information (-), (0) ou (+).

Les signaux sont enregistrés dans l'unité d'évaluation 3 suivant une méthode indiquée dans [L 8], et la somme des signaux correspondants enregistrés dans l'unité d'évaluation représente une mesure de la caractéristique de choix r suivant laquelle le réglage est effectué. Le réglage n'a lieu que si une valeur prédéterminée de r , c'est-à-dire la limite statistique de réglage r_{st} , est dépassée. Dans ce cas, l'unité d'évaluation émet un signal qui, à son tour, met en action l'organe compensateur du circuit, c'est-à-dire le dispositif d'ajustage de position des pièces 7. Ensuite, le nombre de signaux correspondant à la valeur de la caractéristique de choix est passé à l'unité de mémoire 4 et enregistré pendant la durée de l'intervalle de contrôle suivant, tandis que, dans l'unité de mémoire, les informations sont effacées.

Les constantes de temps du relais de temps 5, qui détermine le cycle du contrôle statistique, sont choisies d'après les enregistrements de l'unité de mémoire. Dans le cas du meulage sans pointes, une constante de temps plus courte correspond à une différence plus grande de r et vice versa. Les constantes de temps, proportionnelles aux intervalles de contrôle, sont programmées d'avance.

L'appareil examine également la suite des valeurs extrêmes de la caractéristique de choix, qui est captée dans les deux systèmes d'addition de l'unité 6. S'il y a trois choix successifs dont les caractéristiques dépassent la limite de réglage, avec émission d'un signal d'ajustage de position, cette éventualité est considérée comme importante, et elle entraîne une signalisation de la nécessité d'un changement du pas de réglage dans l'unité 7 vers des valeurs plus hautes. De même, après trois valeurs successives trop faibles de la caractéristique de choix, le circuit d'addition émet un signal entraînant un changement du pas de réglage dans l'unité 7 vers des valeurs plus basses. Les signaux des circuits d'addition peuvent être aussi employés pour le changement automatique des constantes programmées dans l'unité 4, surtout quand on ne peut pas, pour des raisons de construction, modifier la grandeur du pas de réglage.

Le modèle fonctionnel de l'appareil statistique d'évaluation à mise au point automatique des paramètres de réglage est conçu en vue de son emploi aussi fréquent que possible lors du meulage sans pointes et, comme on l'a déjà remarqué, la construction de l'appareil permet un mode de contrôle continu aussi bien que discontinu.

IV - QUELQUES PROBLEMES THEORIQUES

Lors de la réalisation des appareils statistiques, il faut naturellement se préoccuper de questions théoriques. Celles-ci peuvent être classées, en principe, dans les trois groupes suivants :

- 1/ Recherche de méthodes statistiques convenables de choix, et examen de leurs efficacités respectives ;
- 2/ Méthodes de mesure, et effet des erreurs sur les résultats des mesures ;
- 3/ Recherche de modèles théoriques de procédés pratiques de fabrication.

Après une première période d'orientation, on s'est spécialement intéressé à l'étude et à l'application de la méthode de groupes [L 10] qui, comparée à d'autres, surtout à la méthode de la moyenne arithmétique, s'est avérée très efficace [L 11]. Du point de vue technique, cette méthode est très avancée. Le stade des travaux théoriques comprend aussi le calcul des plans de choix pour le réglage statistique de la moyenne à l'aide de la méthode de groupes [L 12] et l'étude de cette dernière lors de l'emploi de plusieurs limites de contrôle [L 13].

L'application de la méthode de groupes est étroitement liée à l'emploi de capteurs de mesure discernant - selon deux limites de contrôle - trois zones d'écart possibles, (-), (0), (+). Cependant, les résultats obtenus au moyen de tels capteurs sont influencés par les erreurs à caractère aléatoire. L'analyse théorique de l'effet des erreurs aléatoires figure dans [L 14] et [L 15]. Les écarts de forme géométrique ont aussi une influence ; par exemple : l'ovalisation de pièces cylindriques intervient dans la mesure du diamètre [L 16], tandis que le défaut de

parallélisme des faces peut être mesuré par les différences entre plusieurs mesures de hauteurs de la pièce. Dans ce cas néanmoins, on commet une certaine erreur ; le calcul de la distribution de ces erreurs figure dans une autre publication [L 17].

Enfin, une classe de travaux concerne les circuits statistiques de réglage dans leur totalité. Il s'agit, par exemple, de l'évaluation du réglage statistique continu par l'emploi de la méthode de groupes [L 18] ou de modèles mathématico-statistiques de réglage du meulage sur les machines sans pointes [L 19].

REFERENCES

- [L 1] SMITH D.N. - Parts produced to size by automatic quality control. *The Tool Engineer*. August 1955.
- [L 2] KRONENBERG C. - Amerikan Werkzeugmaschinen Ausstellung, Chicago 1955, 1956. Heft 3. *Werkstattechnik u. Maschinenbau*.
- [L 3] HUGGINS P. - Statistical computers as applied to industrial control. *Journal of the British Institution of Radio Engineers*. July 1954.
- [L 4] HRABAK J., REZNY Z., OSVALD O. - Appareil statistique d'évaluation par la méthode de groupes à simple choix. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 58-01022, (en tchèque).
- [L 5] HRABAK J., REZNY Z. - Vérifications concernant le réglage statistique automatique du meulage de rouleaux coniques pour papiers de roulement sur les machines sans pointes. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 60-01028, (en tchèque).
- [L 6] HRABAK J. - Automatische statistische Qualitätskontrolle beim spitzenlosen Scheifen. *Fertigungstechnik u. Betrieb*. Sept. 1960. Heft 9.
- [L 7] HRABAK J. - Appareil statistique de réglage. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 60-01029, (en tchèque).
- [L 8] HRABAK J. - Statistical Quality Control in Automatic Production Processes. *Technical Digest*, 1959, n° 9.
- [L 9] HRABAK J. - Appareil statistique de réglage à éléments d'optimisation. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 61-01006, (en tchèque).
- [L 10] REZNY Z. - Sur la méthode de groupes employée pour le réglage d'une propriété mesurable. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 57-01016 (en tchèque).
- [L 11] REZNY Z. - Les essais de groupes des hypothèses statistiques selon deux limites de contrôle, (en tchèque). *Applikace matematiky*, 1959. Volume 4, n° 4.

- [L 12] REZNY Z. - Les plans de choix en vue du réglage statistique de la moyenne sur l'emploi de la méthode de groupes. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 59-01001, (en tchèque).
- [L 13] REZNY Z. - Méthode de groupes de réglage statistique dans le cas de plusieurs limites de contrôle. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 60-01001, (en tchèque).
- [L 14] HRABAK J. - Détermination de la grandeur d'une division de l'échelle d'un appareil de mesure, (en tchèque), Strojirenstvi. Volume 6, n° 8, 1956.
- [L 15] HRABAK J. - Einfluss des Zufallsfehlers auf Gruppensortierung. Feingerätetechnik, 1961. Jg. 10. Helf 1.
- [L 16] HRABAK J. - Effet de l'ovalisation sur les résultats des mesures. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 58-01013, (en tchèque).
- [L 17] HRABAK J., REZNY Z. - Distribution statistique de non-parallélisme des faces des pièces, à partir des différences de plusieurs mesures. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 61-01006, (en tchèque).
- [L 18] REZNY Z. - Une méthode statistique continue de réglage d'une machine par l'emploi de la méthode de groupes. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 58-01010, (en tchèque).
- [L 19] REZNY Z. - Réglage statistique d'une opération de production à usure d'outil uniforme. Institut National de Recherche Technique de la Chaleur. (SVUTT, Tchécoslovaquie). Rapport n° 59-01017 (en tchèque).