Réglage de la fréquence par une turbine Pelton en réseau séparé, le dosage du régleur étant optimisé

COMPLÉMENT D'ÉTUDE ET RECTIFICATION

PAR G. RANSFORD
INGÉNIEUR A LA SOGREAH

English text, p. 55

Nous avons publié, dans le n° 1 de *La Houille Blanche* pour 1959 (pp. 32-46), une étude qui laisse à désirer à deux points de vue :

1° L'étude détaillée du comportement d'une turbine Pelton à régleur « optimisé » n'a pas été abordée; nous n'avons calculé ni les courbes de variation de fréquence consécutives à une prise de charge brutale, ni les valeurs du facteur de forme β qui concrétise un aspect particulièrement important de ces courbes : l'écart maximum de vitesse, u_{max}, pendant la manœuvre du vannage. On se rappelle que β et u_{max} peuvent être liés par une formule du type :

$$u_{max} = -\beta_{\varphi} \sqrt{\frac{2\,\rho\varphi I}{\pi}}$$

où I désigne l'intégrale du carré de l'écart de vitesse en variables sans dimensions, et φ peut être évalué au point de tangence vertical où μ est maximum, sur la frontière de stabilité (voir les figures 1 et 6 de l'article précédent). Les équations (13) et (14) du même article permettent d'évaluer φ directement, sans l'obligation de chiffrer le facteur t_u qui figure dans une autre définition possible de β :

$$u_{max} = -\beta_t \sqrt{I/t_u}$$

Ici, t_u désigne le temps mis pour atteindre le premier maximum de $|u|$, ce qu'on ne connaît pas *a priori*, d'où l'inconvénient majeur de la définition.

2° Toutefois, afin de montrer la marche à suivre dans un cas concret, un exemple numérique traité à la main par la méthode de Graeffe a été exposé aux pages 45 et 46 de la revue. Or, la haute qualité de la collaboration dont nous avons bénéficié à l'époque n'a pas éliminé toute erreur; la courbe exacte de la variation de la vitesse de la turbine n'a pas l'allure dentelée qu'à tort on lui avait attribuée (comparer la figure 7 de l'article et la courbe en tirets publiée aujourd'hui). Nous en déduisons volontiers qu'il vaut mieux se fier à la machine électronique, comme nous faisons ici dans une rectification qu'une occupation exercée ailleurs empêche malheureusement d'étendre au texte incriminé. En effet, les calculs donnés ici ne sont pas basés sur la méthode de Graeffe, mais sur une méthode précise d'intégration par différences finies, et nous n'avons pas eu le temps nous-mêmes de reprendre le calcul original fait, comme nous l'avons dit, à la main.

Les résultats de l'étude complémentaire se résument :

A. — Dans la figure ci-après qui présente (toujours en variables réduites :

$$u = \frac{\tau}{cf^2\theta}\frac{\Delta\Omega}{\Omega} \text{ et } t = \frac{T}{cf\,\theta}\Big)$$

le comportement d'une turbine Pelton soumise au temps T=0 à une prise de charge brutale de valeur relative w_0.

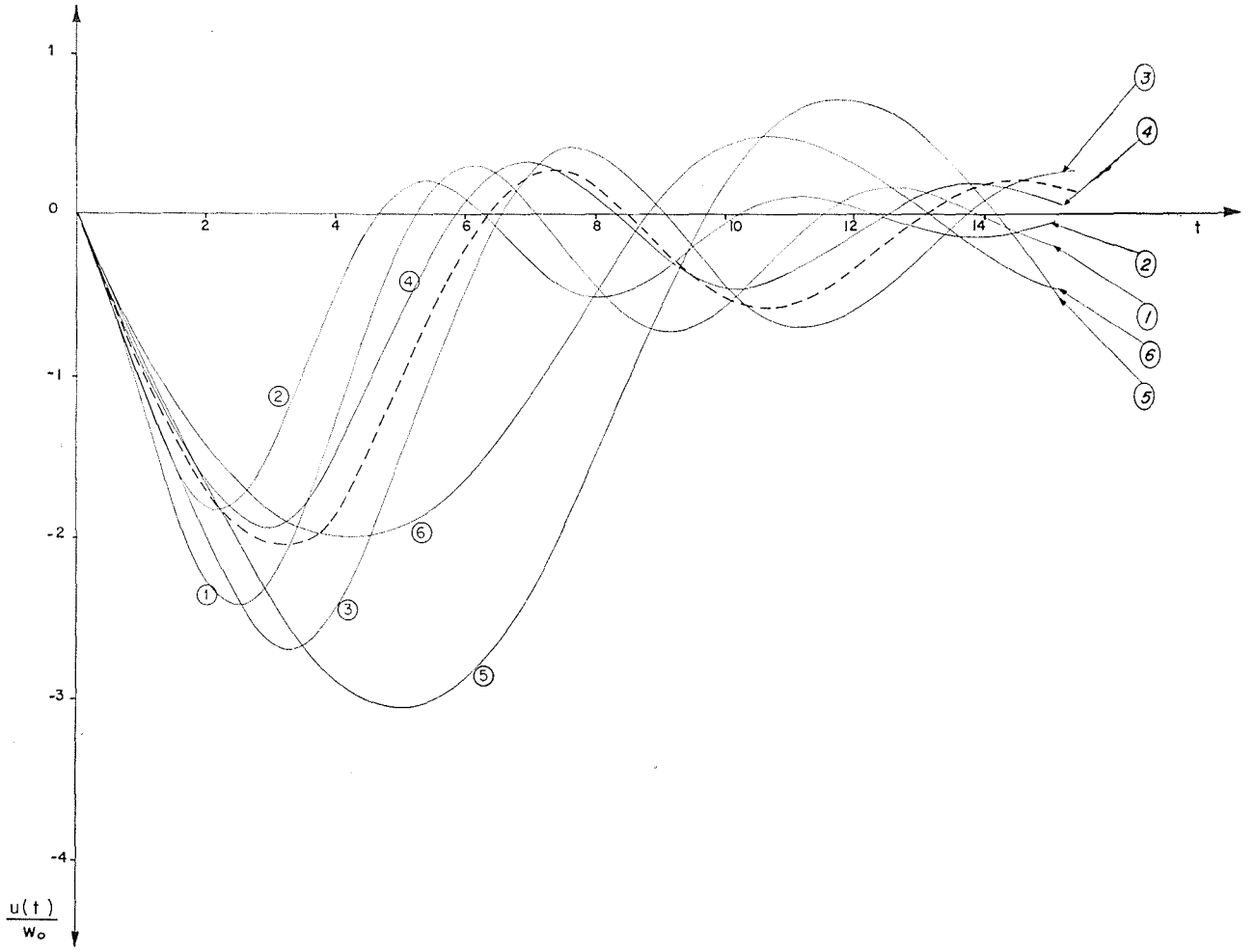
B. — Dans le tableau de données numériques, où, à un degré d'approximation suffisante, on trouve les facteurs de forme β explicités. Les valeurs des paramètres μ, λ, I et φ se déduisent des six graphiques publiés en 1959.

La courbe en tirets correspond à l'exemple numérique incorrectement calculé dans le premier texte. Reprenant les chiffres avancés pour l'écart maximum de la fréquence de la turbine de 13 500 ch dont il s'agit, on trouve :

$$\Delta\Omega = \left\{ \frac{0{,}995 \times (0{,}90)^2 \times 0{,}73}{4{,}8} \right\} 2{,}11\, w_0\Omega_1$$

soit un écart de fréquence maximum de 0,51 hertz (au lieu de 0,6) après un prise de charge brutale faisant passer la puissance de 80 % à 84 %, sur un réseau à 50 périodes.

Article published by SHF and available at http://www.shf-lhb.org or http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1960024



Courbe (voir la fig.) *Curve (see figure)*	φ	$a = cf^2\theta A/\tau$	μ	λ	$I/w_0^2 = (I/w_0^2)_{min}$	t_u	$-u_{max}/w_0$	φ	$\beta_\varphi = -u_m \times \sqrt{\pi/2\,\rho\varphi l}$	$\beta_t = -u_{max}/\sqrt{t_u/I}$
1	1,00	0	0,11	0,65	14,9	2,47	2,42	0,385	1,27	0,985
2	1,00	0,2	0,165	0,67	7,45	2,14	1,83	0,43	1,285	0,985
3	0,50	0	0,088	0,52	22,1	3,24	2,69	0,64	1,26	1,03
4	0,50	0,2	0,138	0,51	10,6	2,95	1,94	0,70	1,26	1,03
5	0,25	0	0,056	0,36	49,5	5,1	3,05	0,90	1,14	0,98
6	0,25	0,2	0,092	0,32	20	4,2	2,01	0,98	1,14	0,92

Separate network frequency control by a Pelton turbine with optimum governor characteristics

ADDITIONAL STUDY AND CORRECTION

BY G. RANSFORD
ENGINEER AT THE SOGREAH

Texte français, p. 53

A previous paper appearing in *La Houille Blanche,* No. 1, 1959 (pp. 23-37) requires amplification and correction.

In the first place, the detailed study of the behaviour of a Pelton turbine with optimized governor parameters was not undertaken. Neither were the frequency variation curves after a sudden taking-on of load given, nor the form factor β typifying a particularly important aspect of the response—the maximum speed variation, u_{max}, during the transient. It will be recalled that β and u_{max} may be linked by a formula such as :

$$u_{max} = -\beta_{\varphi} \sqrt{\frac{2\,\varrho\varphi I}{\pi}}$$

Here, I denotes the integral of the square of the speed variation in dimensionless variables, and φ may be evaluated at the point of vertical tangency, where μ is maximum, on the frontier of stability; see figures 1 to 6 of the preceding article. Equations (13) and (14) of the same article enable φ to be found directly without having to evaluate the factor t_u appearing in another possible definition of β :

$$u_{max} = -\beta_t \sqrt{I/t_u}$$

Here, t_u denotes the time taken to reach the first maximum of $|u|$, and is not known in advance, whence the drawback in this definition.

Secondly, pages 30 and 31 of the article were denoted to a numerical example treated by the Graeffe method, by hand. This was done erroneously; the exact curve has not the festooned appearance previously supposed (compare fig. 7 of the preceding article with the dashed curve given here). This error is an argument in favour of the electronic computer. Unfortunately, a change of occupation prevents the original work from being reviewed by its author, and as our own method now used is not based on the Graeffe method, but on a finite-difference one, it has not been possible to rectify the original calculations as published in 1959.

Results are as follows :

A. — The accompagnying figure shows the frequency variation of a Pelton turbine subjected to a sudden load increase w_0 at time T=0. The variables used are, as previously,

$$u = \frac{\tau}{cf^2 0} \frac{\Delta\Omega}{\Omega} \text{ and } t = \frac{T}{cf\,0}$$

B. — The table gives the form factors β to an adequate degree of approximation. The parameters μ, λ, I and φ are as given in the earlier article.

The dashed curve corresponds to the wrongly calculated numerical example. If the calculations are repeated for the 13,500 H.P. turbine studied, it will be found that :

$$\Delta\Omega = \left\{ \frac{0.995 \times (0.80)^2 \times 0.73}{4.8} \right\} 2.11\, w_0 \Omega_1$$

i.e., a maximum frequency variation of 0.51 hertz (instead of 0.6) after a sudden load increase of from 80 % to 84 % on a 50 cycle network.