REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

BOLETIN

AÑO DE 1895. **Madrid 20 de Noviembre.** NÚM. 32.

INTERESANTE

Rogamos á nuestros compañeros que no hayan recibido la invitación para ofrecer un banquete al actual Ministro de Fomento, la consideren reproducida en esta forma, y á los que concurran de las provincias que se sirvan dejar sus nombres y las señas de su domicilio en la Redacción de la REVISTA, calle de San Marcos, núm. 4, 1.° izquierda.

Con la oportuna anticipación se dará aviso del día en que el banquete ha de celebrarse.

MEMORIA

SOBRE LAS

MÁQUINAS ALGÉBRICAS

(Continuación.)

APÉNDICE II

SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS

En la Memoria prescindí por completo de estudiar las dificultades prácticas que pueden ofrecerse en la construcción de máquinas algébricas. Pero creyendo conveniente á mi propósito demostrar, hasta donde me fuera posible, que aquellas dificultades no han de ser de gran importancia, remití con este objeto á la Academia unos apuntes, mencionados en el informe, que con algunas adiciones y correcciones copio en este apéndice.

Los únicos mecanismos nuevos que figuran en las máquinas son los *aritmóforos*, los *husillos sin fin* y la *transmisión de excéntrico y manivela*. Todos los otros son sobrados conocidos; no es preciso hablar de ellos ahora, ni tampoco es necesario insistir en la manera de combinarlos; las figuras de la Memoria representan—aunque reducidos á sus ejes—en la posición que realmente deben tener.

Pero el aritmóforo y la transmisión de excéntrico, aun cuando presenten quizá alguna novedad de detalle, no exigen el empleo de ningún órgano desconocido, ni ocasionarán dificultades de fabricación. Nada diré, por tanto, del primero de estos mecanismos y muy poco del último.

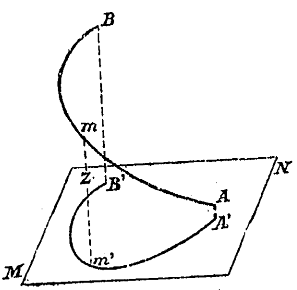
Sólo los husillos sin fin ofrecen verdadera novedad y sólo de ellos necesito ocuparme algo detenidamente. Examinaré primero la manera de determinar sus elementos, teniendo en cuenta la exactitud de los cálculos y las necesidades de la construcción, y luego estudiaré los medios prácticos que en ésta pueden emplearse.

No ha de buscarse aquí un proyecto detallado y completo de máquinas algébricas; precisamente para formularlo, después de haber reunido todos los datos técnicos necesarios, solicité el auxilio del Gobierno. Sólo deseo ahora demostrar la posibilidad de redactar este proyecto con fundadas esperanzas de buen éxito.

Cálculo de los husillos sin fin.

Una curva, A B, (fig. 18) queda de-

Fig. 18

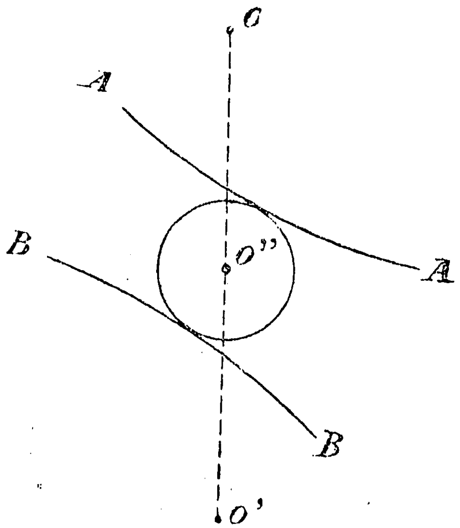


finida cuando se conocen su proyección A' B' sobre un plano MN, y la distancia z de un punto cualquiera, *m*, al plano de proyección. Este sistema de coordenadas me ha parecido el más conveniente para determinar las curvas ideales de contacto de las fajas dentadas en espiral, en función de la variable V. Las proyecciones de estas curvas sobre un plano perpendicular á los ejes de los husillos han de ser tales que se establezca entre ellos la relación de velocidades necesaria.

El problema puede enunciarse de una manera general en esta forma:

Dadas dos curvas A, B, (fig. 19) y la

Fig. 19.



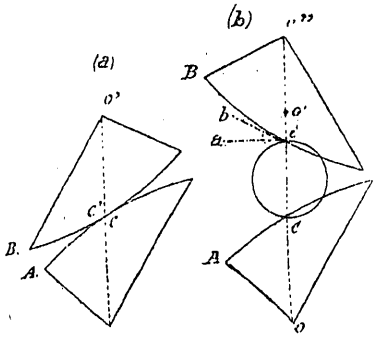
circunferencia de círculo tangente á ambas; dados sus centros de rotación O, O', O''; sabiendo que O'' ha de moverse sobre la línea de los centros y que la circunferencia ha de rodar sin resbalar sobre las curvas A, B; determinar las ecuaciones de éstas de manera que entre sus desplazamientos exista la relación

$$B_a = f(A_a).$$

Siguiendo este camino se obtendría la solución teórica perfecta. No es posible de ordinario seguirle, porque lleva á ecuaciones diferenciales complicadas que no creo integrables, pero es fácil obtener las ecuaciones de las dos curvas muy sencillamente y con toda la exactitud necesaria en la práctica.

Sean A y B, fig. 20 (*a*), dos excéntricos ordinarios que constituyen la fórmula $B_a = -f(A_a)$

Fig. 20.



Supongamos que el excéntrico B se trasporta paralelamente á sí mismo en la dirección O O′, recorriendo una distancia O′ O″, y gira luego 180° alrededor de la línea de los centros, fig. 20 (*b*). Tracemos un círculo de diámetro O′ O″, que pase por los puntos primitivos de contacto *c* y *c*′. El círculo y las curvas A, B se cortarán, pero los dos puntos de intersección en cada una de aquéllas estarán tanto más próximos cuanto menor sea el ángulo *a c′ b*. Si es sumamente pequeño, el círculo será casi tangente á las dos curvas y prácticamente puede suponerse que lo es, sobre todo tratándose de superficies dentadas. La tangente de este ángulo,

$$\frac{d\rho}{\rho dA_a} = \frac{1}{k\pi} \cdot \frac{d\rho}{\rho dA_n}.$$

El aparato representado esquemáticamente en la fig. 20 (*b*) sirve, pues, para establecer entre A_a y B_a la relación $B_a - f(A_a)$ y la cuestión se reduce al cálculo de un par de excéntricos ordinarios. Para construir la ecuación (6) (pág. 51) tendríamos la relación

$$(15) \qquad \frac{\rho}{\rho''} = \frac{dV''}{dV}$$

$$= i \frac{10^{\frac{V_a}{k\pi}}}{10^{\frac{V_a}{k\pi}} + 1} + m = i \frac{V}{V+1} + m$$

y como la suma de los radios ha de ser constante

$$\rho + \rho'' = c$$

$$(16) \quad \rho = c\left(1 - \frac{1}{1 + i\frac{V}{V+1} + m}\right)$$

$$(16') \quad \rho'' = c \frac{1}{1 + i\frac{V}{V+1} + m}$$

Los ángulos son ya conocidos

$$V_a = k\pi \log. V$$

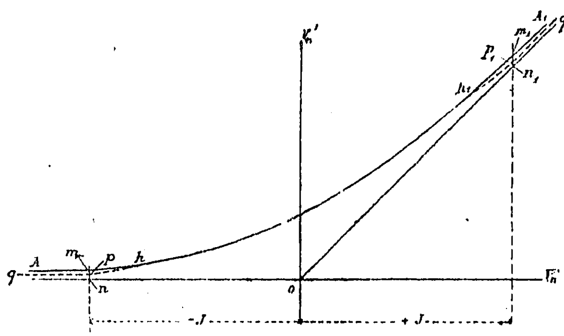
$$(6) \quad V''_a = ik\pi \log.(V+1) + mk\pi \log.V$$

de suerte que conoceríamos todos los elementos de las dos proyecciones que se buscan, en función de la variable independiente V.

Pero ninguna de las ecuaciones (16), (16′), (6), se aplicará exactamente al caso; será necesario corregirlas todas con arreglo á la modificación hecha en la (5) (pág. 50), y ésta ha de realizarse procurando que se origine el más pequeño error posible.

La mejor solución es la indicada en la fig. 21. La curva A A_1, que representa la ecuación de los desplazamientos númericos, se sustituye á partir de los puntos h, h_1 por las rectas $p\ q$, $p_1\ q_1$ paralelas á las asíntotas y las curvas $h\ p$, $h_1\ p_1$ tangentes cada una de ellas á una de estas rectas y á la curva

Fig. 21.



primitiva. Los puntos p, p_1 dividen las distancias $m\,n$, $m_1\,n_1$ en dos partes iguales.

mn es la diferencia entre la ordenada de la curva AA_1, que vale

$$\log.\,(10^{J}+1),$$

y la ordenada de la asíntota, que es igual á la abscisa J;

$$mn = \log.\left(10^{J}+1\right) - J = \log \frac{10^{J}+1}{10^{J}}$$

$$= \log.\left(\frac{1}{10^{J}}+1\right) = \log.\left(10^{-J}+1\right)$$

$$= m_1 n_1,$$

de manera que el error máximo, ε, ocasionado por este concepto en el desplazamiento numérico será

$$\frac{1}{2}\log.\left(10^{-J}+1\right),$$

y teniendo en cuenta que 10^{-J} ha de ser una cantidad muy pequeña, se puede poner con gran aproximación

$$\varepsilon = \frac{1}{2}\log. e\,.\,10^{-J}$$

Este error sería indudablemente más grande, si en vez de las rectas $p\,q$, $p_1\,q_1$ se eligieran otras cualesquiera, que por fuerza habrían de separarse más de la curva, sea en los puntos m, m_1, sea al aumentar V_n indefinidamente, cuando la distancia entre la curva y una de sus asíntotas se hiciera despreciable con relación á $m\,n$.

Llamando $-X$ y $+X$ respectivamente á las abscisas de los puntos h, h_1, en el cálculo de los husillos se aplicarán:

Las ecuaciones (16) (16′) (6) para todos los valores de V_n comprendidos entre $-X$ y $+X$;

Las ecuaciones

$$\rho = c\,\frac{m}{m+1}$$

$$\rho'' = c\,\frac{1}{m+1}$$

$$V''_a = mk\pi V_a + \frac{1}{2}\,ik\pi \log.\,e\;.\;10^{-J}$$

cuando V_n sea menor que $-J$;

Las ecuaciones

$$\rho = c\,\frac{m+i}{m+i+1}$$

$$\rho'' = c\,\frac{1}{m+i+1}$$

$$V''_a = ik\pi\left(V_n + \frac{1}{2}\log.e.10^{-J}\right) + mk\pi V_n$$

cuando V_n sea mayor que J y, por último,

Las ecuaciones deducidas de las curvas $h\,p$, $h_1\,p_1$, que pueden trazarse arbitrariamente, para todos los valores de V_n comprendidos entre $-$J y $-$X ó entre $+$X y $+$J.

La ordenada z ha de ser la misma para cada dos puntos conjugados de ambas espirales (porque es preciso que á un mismo tiempo estén los dos en contacto con la rueda parásita) y su valor en función de V_n ha de determinarse procurando reducir cuanto se pueda la longitud de los husillos.

La distancia entre dos espiras consecutivas nunca podrá ser menor que un cierto límite λ impuesto por las necesidades prácticas y, para acortar el paso de las espirales todo lo posible, habrá que hacerle igual á λ en el husillo H mientras ρ sea menor que ρ'' y en el H′ cuando suceda lo contrario, porque es evidente que en el husillo de mayor radio el paso será también mayor.

Pero los dos radios serán iguales cuando se verifique la ecuación

$$\rho = \frac{1}{2}c = c\left(1 - \frac{1}{1 + i\,\frac{V}{V+1} + m}\right)$$

ó sea

$$V = \frac{1-m}{i+m-1}$$

de suerte que el paso de la espiral será igual á λ en el husillo H, mientras V_n sea menor que $\log.\frac{1-m}{i+m-1}$ y en el H′ cuando sucede lo contrario.

Suponiendo que z sea cero cuando V_n vale $-$ J, se tendrá:

Para $-J < V_n < \log.\frac{1-m}{i+m-1}$,

$$z = \frac{V_a - k\pi(-J)}{2\pi}\lambda = \frac{k\lambda}{2}(V_n + J);$$

Para $V_n = \log.\frac{1-m}{i+m-1}$,

$$z_1 = \frac{k\lambda}{2}\left(\log.\frac{1-m}{i+m-1} + J\right);$$

Para $J > V_n > \log.\frac{1-m}{i+m-1}$,

$$z = z_1 + \frac{V''_a - \left[ik\pi\log.\left(\frac{1-m}{i+m-1} + 1\right) + mk\pi\log.\frac{1-m}{i+m-1}\right]}{2\pi}\lambda$$

y para $V_n = J$

$$(17)\quad z_2 = z_1 + \frac{k\lambda}{2}\left[i\left(J + \frac{1}{2}\log.e.10^{-J}\right) + mJ - i\left(\log.\frac{i}{i+m-1} + m\log.\frac{1-m}{i+m-1}\right)\right]$$

ó poniendo en vez de z_1 su valor,

$$(18)\quad z_2 = \frac{k\lambda}{2}\left[(i+m+1)J + \frac{1}{2}\,i\log.e.10^{-J} + (1-m)\log.\frac{1-m}{i+m-1} - i\log.\frac{i}{i+m-1}\right].$$

Es preciso determinar todas las constantes de esta fórmula de modo que en los cálculos mecánicos se obtenga la mayor exactitud posible.

Dos errores de orden distinto pueden sumarse al construir el desplazamiento numérico de la rueda G (fig. 11); el uno, ε, ocasionado por la alteración de la forma teórica de los husillos, que vale, como ya hemos visto (1),

$$\frac{1}{2}\log. e \,.\, 10^{-J},$$

el otro, ε_1, debido á los huelgos, á las imperfecciones de construcción, á las deformaciones de los mecanismos, etc.

Por efecto de los huelgos, el aritmóforo en que ha de leerse la incógnita podrá moverse algo, aun cuando los aritmóforos correspondientes á los datos estén fijos; el error por este concepto, quizá el más considerable, se evitará, si se juzga conveniente, llevando el aritmóforo á las dos posiciones extremas que puede alcanzar, leyendo las dos cantidades así representadas y tomando su semisuma.

De todos modos las transmisiones no han de funcionar con absoluta exactitud; al construir el desplazamiento angular de G (fig. 11) se cometerá un cierto error ω. No puede señalársele aquí, ni aun aproximadamente, un límite máximo; pero éste dependerá, sin duda, de las relaciones de velocidad entre los diferentes mecanismos, es decir, de las constantes p, i, m y no será difícil, teniendo á la vista algunos datos técnicos, que sólo en los talleres se encuentran, y recurriendo, si es preciso, á experimentos previos, formular aquella dependencia por medio de una ecuación empírica

$$\omega = F(p, i, m)$$

(*Se continuará.*)

(1) ε es el error que corresponde á V'_n pero de la ecuación

$$G_n = \log.(M_1 + M_2) = V'_n + M_{2n}$$
$$= V''_n - \frac{m}{k\pi} V_n + M_{2n}$$

resulta que este error se transmite sin variación ninguna al desplazamiento numérico de G, salvas las inexactitudes de transmisión, consideradas aparte.

PARTE OFICIAL

MINISTERIO DE ULTRAMAR

Resoluciones dictadas por este Ministerio, relativas á obras públicas de Ultramar, en el mes de Octubre próximo pasado.

Isla de Cuba

8 Octubre.—Real orden aprobando la construcción de un ferrocarril para el servicio del ingenio «Confianza», en la provincia de Matanzas.

Idem íd.—Real orden concediendo la autorización solicitada para el trasporte de un ferrocarril particular del ingenio San Agustín, en la provincia de la Habana.

Idem íd.—Real orden aprobando la prórroga de un año que ha concedido aquella Autoridad superior para la construcción de una vía férrea estrecha particular para el ingenio «Mereidita», en la isla de Cuba.

Idem íd.—Real orden otorgando la concesión de un ferrocarril particular entre el ingenio Los Caños y el muelle construido por los Sres. Broosks en Guantánamo.

Idem íd.—Real orden concediendo la autorización solicitada para cubrir una puerta para baños en el litoral de San Lázaro y aprobando la anticipada por aquella Autoridad superior.