

eje de las primeras paralelo al diámetro $0^\circ \dots 200^\circ$ del instrumento depende de las cantidades (D) y (a), siendo $D = g \sin^2 V$ la distancia horizontal entre dos vértices consecutivos, y (a) el ángulo que forma con la orientación del instrumento la línea que los une. Los valores de (a) correspondientes á todos los puntos observados los tenemos inscritos en la columna 5.^a de la libreta, y en cuanto á los valores de (D) fácilmente se obtienen sacando de las columnas 5.^a y 7.^a los valores de (V) y de (g) y formando el producto $g \sin^2 V$, según ya hemos visto.

(Se continuará.)

REGULADORES ISOCRONOS

DERIVADOS DEL SISTEMA WATT.

por M. IVON VILLARCEAU.

(Conclusion.)

Propiedades relativas á los reguladores isocronos semejantes.—1.º Si dos reguladores se hallan compuestos de tal modo, que los órganos homólogos de los n sistemas parciales que los constituyen, sean de la misma densidad, y si, además, las dimensiones homólogas son proporcionales, estos reguladores ofrecerán una semejanza parcial.

En los sistemas que ofrecen una semejanza parcial, el ángulo φ es el mismo, y resulta de la ecuación (1), que si designamos por V' y ρ' las cantidades respectivamente homólogas de V y ρ , tendremos la relación

$$(2) \quad V'^2 \rho' = V^2 \rho,$$

la cual, siendo conocidos, por una parte, un sistema parcial isocrono y los valores correspondientes de V y ρ , y por otra, otro sistema parcial semejante al primero, permitirá conocer para este segundo, sea la dimensión ρ' correspondiente á una velocidad de régimen V' , sea la velocidad V' correspondiente á ρ' .

2.º La semejanza es completa entre dos reguladores cuando siendo el mismo el número de sistemas parciales, las dimensiones ρ y ρ' guardan entre sí la relación de semejanza que existe entre las dimensiones lineales homólogas de los

sistemas parciales; entónces la relación $\frac{\rho}{\rho'}$ no es arbitraria y se tiene esta otra,

$$(3) \quad V' = V \sqrt{\frac{\rho}{\rho'}} \quad \text{ó bien} \quad (4) \quad \frac{\rho'}{\rho} = \left(\frac{V}{V'} \right)^2;$$

de donde resulta que si se quiere construir un regulador isocrono semejante á otro dado, pero que funcione con distinta velocidad de régimen, la relación de semejanza se obtendrá elevando al cuadrado la relación inversa de las velocidades de régimen. Las dimensiones lineales del regulador proyectado se deducirán de las del conocido por medio de un simple cambio de escala.

Reguladores isocronos de la primera clase.—Estos reguladores deben satisfacer á una condición particular, además de las que anteriormente dejamos consignadas.

Sean ω_1 y ω_2 los límites superior é inferior de la velocidad de rotación, entre los cuales debe permanecer comprendida la velocidad real, para que los operadores funcionen como es debido; estableceremos la relación

$$(5) \quad S = \frac{1}{2} \frac{\omega_1 - \omega_2}{V},$$

y S será lo que se designa con el nombre de *separación proporcional de la velocidad*.

Sean:

α , el ángulo de las varillas con la vertical, medido en el mismo sentido que el ángulo φ ;
 N , el esfuerzo vertical constante ó variable que la horquilla opone al movimiento ascendente ó descendente del manguito.

Se podrán calcular los valores sucesivos que toma la cantidad

$$(6) \quad \frac{N}{2 S \sin \varphi} \frac{\sin \alpha}{\cos (\alpha - \varphi)}$$

cuando el ángulo α varíe entre sus límites externos: designemos por P_0 el *maximum* de estos diversos valores.

Sean además;

P' , el peso de una de las varillas superiores, incluyendo el de todas las piezas que le son solidarias (ejes, tornillos, etc.);

L' , la distancia del centro de gravedad de la misma varilla á su punto de articulación con el

platillo superior, medida en el sentido de la otra articulacion;

l , la longitud comun de las varillas, ó la distancia comprendida entre sus puntos de articulacion;

P_1 , el peso del platillo móvil y del manguito reunidos.

Estas diversas cantidades deben satisfacer á la relacion

$$(7) \quad P_1 + n P' = P_0 + n P' \frac{L'}{l}$$

que puede traducirse del siguiente modo:

«El peso total del manguito y de las varillas superiores debe ser igual á la cantidad P_0 , aumentada de la fraccion $\frac{L'}{l}$ del peso de las varillas superiores reunidas.»

Un regulador construido segun las condiciones enunciadas, no deberá dejar subsistentes desviaciones proporcionales de la velocidad que excedan sensiblemente de la separacion S , cualquiera que sea, entre los límites asignados, la variacion del trabajo resistente. Debemos hacer notar únicamente que proviniendo de los volantes las desviaciones periódicas, será conveniente que la separacion proporcional admitida en el cálculo del regulador no sea inferior á la empleada para el cálculo del volante, puesto que el regulador no tiene otro objeto que reducir la velocidad media á la velocidad de régimen. En cuanto á las mejores condiciones del empleo de los reguladores de la primera clase, debe consultarse la *Memoria* de Mr. Rolland, titulada: *Sobre las variaciones del trabajo trasmitido por las máquinas*, etc.

Masa principal.— Pueden satisfacerse las condiciones enunciadas dando á esta masa formas muy diversas. Las más sencillas que pueden emplearse son las de un paralelepípedo ó de un cilindro, cuyas mayores dimensiones estén en los planos de simetría. Cuando las masas de las varillas están equilibradas aparte, segun ántes dejamos dicho, por medio de masas suplementarias, la recta que une el punto de articulacion de la varilla inferior y del platillo fijo al centro de gravedad del paralelepípedo ó del cilindro, es

perpendicular á la mayor dimension; en el caso contrario esta recta se separa algo de la misma perpendicular.

Reguladores isocronos de la segunda clase.—

Siendo el único objeto de estos aparatos obtener el movimiento más uniforme posible, la separacion proporcional S no figura entre los datos; por lo tanto, no hay que ocuparse de satisfacer la condicion (7), y no existe la necesidad de que el manguito vaya provisto de una garganta, puesto que no hay horquilla que poner en accion.

La exactitud con que podrá funcionar el aparato, en condiciones tales que el peso motor variara en la relacion de 1 á 6, ó tal vez más, dependen esencialmente del cuidado puesto por el constructor en realizar las indicaciones de la teoría, y en evitar ó disminuir los efectos del rozamiento de los ejes y del manguito.

A pesar de las mayores precauciones, sucederá que la densidad de los metales empleados no será exactamente igual á la que se ha tenido en cuenta para los cálculos; y sucederá todavía más, y es, que las dimensiones realizadas por la construccion no serán absolutamente iguales á las proyectadas. De aquí un defecto de *isocronismo* y desviaciones más ó menos sensibles entre la velocidad de régimen y las diversas velocidades efectivas. Para vencer estos inconvenientes es necesario disponer de medios con que regular el aparato. Ahora bien, las diferentes condiciones que deben ser satisfechas se traducen por cuatro ecuaciones; por lo tanto, debemos reservarnos los medios de producir cuatro variaciones distintas en el estado de cada sistema parcial. Estas cuatro variaciones se obtienen: 1.º, por medio de un simple cambio en la masa del manguito (adicionando ó suprimiendo varios discos concéntricos); 2.º, variando, á lo largo de unas varillas en forma de filetes que van unidos á la masa principal, la posicion de tres masas móviles, que designaremos con el nombre de *masas regulatrices*.

Estas cuatro condiciones son exigidas por una teoría que no fija ningun límite á las separaciones angulares de las varillas en los planos de simetría; pero como en realidad la amplitud de estas separaciones no excederá de $\frac{1}{6}$ ó $\frac{1}{7}$ de cir-

cunferencia, sucederá que si la construccion del aparato no es demasiado incorrecta, bastará con llevar á cabo *tres* y hasta *dos* solamente, de las *cuatro* variaciones exigidas por la teoría general; así, pues, podremos dispensarnos de modificar el peso del manguito, y sólo tendremos que hacer variar las posiciones de las masas regulatrices.

Estas disposiciones harán comprender la disposicion adoptada para la masa principal. Hé aquí en qué consiste: un paralelepípedo rectángulo está ligado á la varilla inferior por medio de una chapa; del lado opuesto á la articulacion se fija al paralelepípedo una aleta por medio de otra chapa. Las masas regulatrices consisten en cilindros atravesados por varillas en forma de filete; dos de estas varillas se hallan implantadas sobre la superficie del paralelepípedo que mira á la aleta y á distancias iguales de los extremos del mismo; las dimensiones de las varillas en forma de filete son iguales, así como las de las masas regulatrices que sostienen; la tercera varilla tiene su eje de figura en coincidencia con el eje mayor del paralelepípedo; las masas de la varilla y del cilindro móvil que soporta, están calculadas de manera que el eje de figura de la aleta pasa á la vez por el centro de gravedad del paralelepípedo y el punto de articulacion de la varilla inferior.

Creo poder asegurar fundadamente que no podria imaginarse solucion más sencilla; porque cada uno de los órganos mencionados desempeña el papel indispensable que le asigna la teoría.

La aleta es de forma trapezoidal, y construyéndola de aluminio se facilitan los medios de satisfacer las condiciones del isocronismo; las varillas son de acero; las otras partes que componen la masa principal están hechas de bronce de aluminio.

Modo de regular el aparato. — Puesto el regulador en comunicacion con un aparato de relojería, se observa la velocidad ω que adquiere por la accion del peso motor y el ángulo α de las varillas con la vertical. Se hace variar el peso motor y se observan los nuevos valores de ω y de α . Procediendo de esta manera, se pueden obtener cuatro sistemas distintos de valores de ω y de α , y por lo tanto, reunir los datos experimentales

necesarios para calcular los tres cambios de posicion que deben experimentar las masas regulatrices y, en caso de necesidad, la variacion del peso del manguito.

Regulado el aparato conforme á las prescripciones de la teoría, si repetimos nuevamente las observaciones sobre la velocidad, veremos que cualquiera que sea el peso motor entre sus límites extremos, las distintas velocidades serán poco diferentes de la velocidad de régimen que nos proponemos obtener. La precision de los resultados no tiene otro límite que la de nuestros medios de accion sobre la materia.

Regulador isocrono de aletas, construido por Mr. Breguet. — Este aparato fué ensayado por primera vez el dia 24 de Mayo de 1870; en esta prueba, el peso motor experimentó variaciones en la relacion de 1 á 5, 6 y las velocidades obtenidas ofrecieron, como término medio, una variacion que sólo llegó á $\frac{1}{355}$ de la velocidad media.

Corregidos algunos pequeños defectos de construccion se procedió á regular el aparato; la separacion media de la velocidad fué reducida por medio de esta operacion á $\frac{1}{1.000}$ de la velocidad de régimen. Se creyó inútil llevar más lejos una aproximacion que, por otra parte, la construccion del aparato no era susceptible de soportar, siendo prudente esperar á los resultados de esta primera experiencia.

En las operaciones para regular el aparato, la posicion de las aletas permanece sensiblemente constante bajo la accion del peso motor empleado, y la comparacion de los resultados sucesivos no puede hacer apreciar el efecto del desarrollo de las aletas, sometidas á la influencia de un peso motor variable. Para conocerlo se ha hecho la experiencia siguiente: Siendo los límites extremos del peso motor 21 y 120 kilogramos, se ha aplicado el peso de 120 kilogramos; despues, por medio de un freno regido con la mano, se ha producido la equivalencia á una deducccion de la fuerza motriz, hasta bajar al límite inferior 21 kilogramos; era fácil darse cuenta, segun la posicion de las aletas, cuya relacion con el peso motor es conocida. En el aparato de relojería se

ha colocado una saeta para indicar el número de vueltas. Ahora bien, suponiendo constante la velocidad de rotacion, las vueltas indicadas por la saeta podian ser transformadas en segundos de tiempo, y el aparato se hallaba por este solo hecho convertido en un cronómetro. Bastaba, despues de esto, comparar los tiempos obtenidos de esta manera con los correspondientes dados por un cronómetro cualquiera; las discordancias debian dar la medida de los errores del regulador.

El experimento verificado en estas condiciones ha hecho ver que, á pesar del rozamiento del freno, producido arbitrariamente entre los límites correspondientes á las excursiones extremas de las aletas, la divergencia media entre el regulador y el cronómetro, resultado de 51 observaciones hechas durante 30 minutos, no ha llegado más que á $\pm 0,2$; este número excede algo, aunque poco, del error propio del regulador, puesto que está afectado de los errores de observacion. El experimento no se ha llevado más léjos á causa de la insuficiencia de la altura para la caída del peso motor.

La discusion de las observaciones enseña que el movimiento oscilatorio de las aletas no altera sensiblemente la marcha del aparato; se debe esperar que una construccion especial permitirá obtener resultados mucho más precisos todavía.

Esto no obstante, Mr. Breguet, en su primera tentativa, ha logrado para el nuevo aparato suma precision; puede decirse que en nada desmerece del más perfecto de los reguladores en el dia conocidos, el de Mr. L. Foucault. Llevado á la práctica dará seguramente excelentes resultados.

Cediendo á las instancias de Mr. Breguet, consignarémos, para terminar, la siguiente declaracion:

—«Es la primera vez, dice Mr. Breguet ocupándose de la construccion del nuevo regulador, que me ha sucedido en un ensayo comun, ver un proyecto enteramente basado sobre la teoría, lograr un éxito completo á la primera tentativa.»

PUERTO DE BARCELONA.

En los números 5 y 6 de la REVISTA de este año dimos cuenta de la Memoria publicada por la Junta de obras del puerto de Barcelona, acerca del progreso que éstas habian tenido durante el año económico de 1870 á 1871. Terminado el ejercicio de 1871 á 1872, la citada Junta ha publicado la Memoria correspondiente, redactada en lo que se refiere al progreso de las obras, por el director de las mismas el Ingeniero Jefe D. Mauricio Garran; y de ella extractamos á continuacion los párrafos que contienen los datos que más pueden interesar á los lectores de la REVISTA.

«Ha terminado el año económico de 1871 á 1872, y las prescripciones reglamentarias imponen por segunda vez la obligacion de dar cuenta á la Superioridad del adelanto y progreso que han tenido las obras del puerto de Barcelona.

»Y ha de llamarse muy grato este deber, porque en medio de la aflictiva situacion del Tesoro público, al lado de tanta neccsidad de encerrar los gastos del Estado en la más estricta economía y de cercenar, hasta lo perjudicial, las consignaciones destinadas á las obras de pública necesidad y general conveniencia, se destaca de fondo tan sombrío para los intereses materiales de España, la Junta del puerto de Barcelona, que con decision, con desahogo, con actividad y buen crédito, atravesando periodos calamitosos, y á pesar de nuestras disensiones políticas y discordias civiles, emprende, desarrolla, continúa y prepara para el porvenir, con notable actividad, trabajos de primera importancia, que han de producir grandes é inmediatos beneficios.

»Creada la Junta del puerto bajo el principio de una descentralizacion racional y reflexiva, es un ejemplo vivo é irrecusable de lo que puede conseguirse por tal camino. Así ha sucedido que despues de su creacion, y visto el crédito que la Junta ha logrado adquirir, se va imitando su constitucion y organizacion para fines análogos en diferentes localidades de España, y bajo este punto de vista y algunos otros, no