

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

REGULADOR AUTOMÁTICO SISTEMA TYRILL

El regulador Tyrill se distingue de los reguladores de tensión conocidos hasta el día en la tenuidad de las masas que han de moverse. Aplicado á una generatriz de corriente alterna ó continua, este aparato suministra dentro de límites muy extensos una regulación extraordinariamente rápida de la corriente de excitación. Por otra parte, en oposición á las disposiciones puramente eléctricas para la regulación automática de la tensión, éste posee las ventajas de un montaje fácil y no lleva consigo ningún cambio que afecte á las generatrices ni á sus excitatrices. Realiza la constancia de la tensión en los terminales de las generatrices, no obstante las variaciones de la corriente consumida, del factor potencia y del número de revoluciones.

En el caso en que sea preciso mantener la tensión constante en los terminales de los aparatos de consumo, el regulador produce el hipercompensamiento deseado. Se presta durante su funcionamiento á la elevación de la tensión proporcionada á la carga aplicada; retirado, lo mismo que ponerlo en servicio, no arrastra ninguna variación de tensión, de modo que se puede en cualquier momento pasar de la regulación automática á la manual. Un solo regulador puede, por otra parte, estar afecto indiferentemente al uso de una sola generatriz ó de varias máquinas que funcionen en paralelo, tengan éstas una excitatriz común ó excitatrices separadas, siempre, bien entendido, que por su parte las excitatrices marchen en paralelo.

La descripción que sigue se refiere al caso más sencillo, el de una sola generatriz acoplada á su excitatriz.

La regulación se obtiene por la sola variación de la tensión en los terminales de la excitatriz del tipo Shunt, sin modificación de la resistencia intercalada en el circuito de excitación de la generatriz. El órgano regulador es una lámina vibrante que puede dar varios centenares de oscilaciones por minuto y que produce un contacto, causando á cada alternancia la puesta en circuito corto de la resistencia en serie con los inductores de la excitatriz. Se concibe que con tal disposición la corriente de excitación será tanto más nutrida, y que, por consecuencia, la tensión producida por la excitatriz tanto más elevada, cuanto que la duración de los períodos de cierre sea superior á la de los períodos de apertura del contacto de circuito corto. En cuanto á los electros de la generatriz trifásica, pueden unirse directamente á los terminales de la excitatriz; pero mejor es, sin embargo, interponer una resistencia. Ésta constituye una reserva, y además encuentra su empleo cuando se ponen en paralelo dos unidades que tengan una excitatriz común. Una consecuencia de la regulación por variaciones de la tensión de la excitatriz es que

la utilización de ésta para otros casos, como la del alumbrado, por ejemplo, es naturalmente imposible. Se hallarán representados en el esquema (fig. 1.^a) los elementos principales del regulador. El contacto de corto circuito r s mandado por el relé a está montado en paralelo con la resistencia de la regulación in-

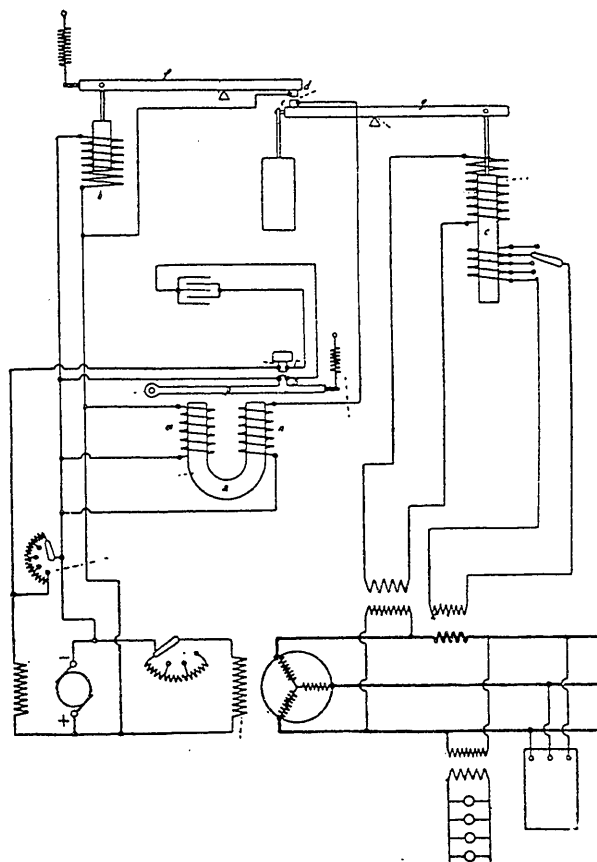


Fig. 1.º

terpuesta en el circuito de los electros de la excitatriz, y las pequeñas placas r y s , por el intermedio de las cuales el contacto se verifica, están unidas á los terminales de un condensador, cuyo papel es suprimir las chispas de rotura.

La maniobra de este contacto se obtiene por el juego de una palanca solicitada de una parte por un resorte y de otra por los electro-imanes del relé a . Este está provisto de dos arrollamientos m n sujetos á los terminales de la excitatriz y cuyas acciones magnetizantes son inversas. Estas acciones se equilibran cuando el establecimiento del contacto principal d e cierra el circuito de la bobina n . La distancia entre las piezas de contacto d e es variable á consecuencia de su montaje en los extremos de las

dos palancas *f* y *g*. El otro extremo de la palanca *f* lleva el núcleo de un electro de succión que se opone á la acción de un resorte y que se une tanto más profundamente á su bobina cuanto que la fusión que le es aplicada, y que no es otra que la tensión en los terminales de la excitatriz, es más considerable. Á cada valor de esta tensión corresponde, así, una posición determinada en la pieza de contacto *d*. De la misma manera, la palanca *g* lleva en su extremidad opuesta al contacto *e* un electro-imán *c* de doble arrollamiento, cuyo núcleo toma posiciones de equilibrio que dependen del valor correspondiente á la suma de los amper-vueltas de sus dos bobinas. Cuando este valor es demasiado reducido, la palanca pierde el contacto, siendo la acción de la gravedad sobre el núcleo *c* preponderante sobre el efecto magnético. El peso de este núcleo está equilibrado en parte por un contrapeso y sus movimientos amortiguados por medio de un freno de aceite.

De lo que precede y del examen del esquema puede deducirse que la apertura y la rotura del contacto *r s* son solidarias de la apertura y de la rotura del contacto *d e* y que el cierre del primero de estos contactos pone en corto circuito la resistencia interpuesta en el circuito de excitación de la excitatriz. En el análisis del funcionamiento del regulador se podrá, pues, considerar esta colocación en corto circuito, como si fuese producida directamente por el contacto *d e* sin intervención del relé *a*.

Entendido esto, supongamos que después de haber desconectado las bobinas *c* de los transformadores de tensión y de corriente que las alimentan, se mantiene la palanca *g* de manera que la posición en altura del núcleo del electro suspendido á la palanca *f* corresponda á una diferencia de potencial de 70 voltios en las terminales de la excitatriz. Admitamos, por otra parte, que se dispone la resistencia de regulación afecta á la excitación de esta máquina, de modo que la tensión en las terminales de los electros sea de 25 á 30 voltios. Si por el juego del regulador y á consecuencia de una debilitación de la tensión en las terminales de la excitatriz el contacto *d e* se establece, la resistencia de la regulación desaparecerá, provocando inmediatamente una elevación de la tensión. Pero si ésta llega á sobrepasar los 70 voltios, inmediatamente la atracción de la bobina sobre su armadura la llevara sobre la acción del resorte antagonista, el contacto *d e* se romperá, la resistencia de la regulación se introducirá de nuevo en el circuito de los electros de la excitatriz y el voltaje de ésta descenderá. Determinando este discurso una disminución de la potencia atractiva del electro, la del resorte volverá á preponderar; de aquí una nueva elevación de la tensión hasta el momento de la rotura del contacto. Estas aperturas y estos cierres de contacto se sucederán con la rapidez de varios centenares de alternancias por minuto, en el curso de las cuales es evidente que durante un tiempo extremadamente corto la tensión se elevará por encima ó descenderá por debajo de 70 voltios.

Se concibe que si se diese á la palanca *g* una posición diferente á la que hemos considerado, y tal que la pieza de contacto fuese levantada, sería preciso para deshacer el contacto *d e* un aumento de la tensión de excitación; pero tan pronto como ésta fuese obtenida, la palanca *f* volvería á tomar su régimen vibratorio, operando la regulación correspondiente á este nuevo valor de la tensión.

Supongamos, ahora, que se deja libre la palanca *g*, y que de las dos bobinas del relé *c*, la conectada á los terminales de una de las fases del alternador por el intermedio del transformador de tensión sea la única puesta en circuito. El número de los amper-vueltas de este relé será desde entonces proporcional á la tensión producida por el alternador, y si esta tensión tiene exactamente el valor por el cual los amper-vueltas equilibran la acción de la gravedad, la palanca *g* y su pieza de contacto *e* quedarán inmóviles. Si, por el contrario, tiene un valor superior, el núcleo del electro se levantará y la pieza de contacto *e* descenderá. Resultará una disminución de la excitación que llevará la tensión en los terminales del alternador á su valor normal y

la palanca *g* á su posición de equilibrio. Si se produce un aumento de la carga ó una disminución en el número de vueltas determinando un descenso de la tensión, la disposición del contacto *d e* volverá á levantarse y la tensión de excitación volverá á crecer. Se ve pues, que la bobina de tensión del relé *c* produce, de acuerdo con el relé *b*, un valor constante de la tensión.

Completemos las conexiones del aparato poniendo en circuito la segunda bobina del relé *c* alimentada por el secundario del transformador de corriente y cuya acción magnetizante sea proporcional al gasto de la máquina. Como esta acción es inversa de la de la bobina de tensión, el número de amper-vueltas existentes del relé será reducido, y esto tanto más cuanto que

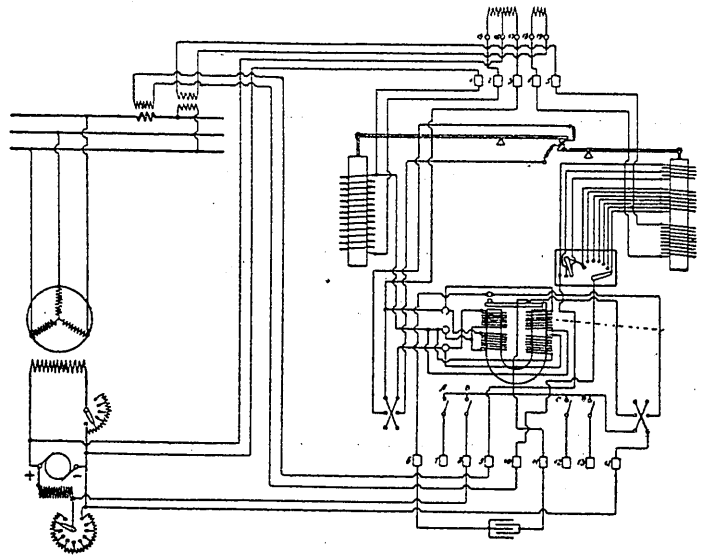


Fig. 2.ª

la carga sea más grande. En plena carga, esta resolución alcanzará de un 10 á un 15 por 100, y en este caso, la palanca *g* se inclinará levantando la pieza de contacto *e*; de aquí resultará, naturalmente, una elevación de la excitación, y por consecuencia, también de la tensión en los terminales hasta que á favor del incremento del número de los amper-vueltas de la bobina de tensión la acción desmagnetizadora de la bobina de corriente

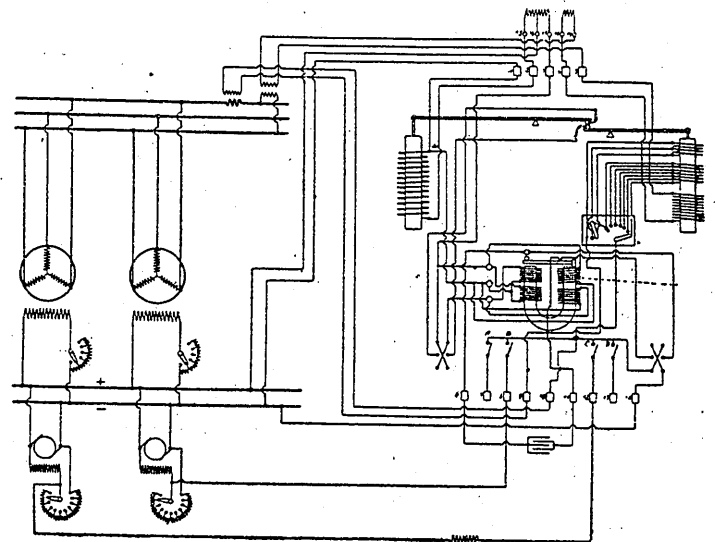


Fig. 3.ª

sea aniquilada. Como consecuencia de esta regulación, la tensión del alternador en carga será más elevada que cuando funciona en vacío; en otros términos, las bobinas de corriente y de tensión del relé de corriente alterna *c* producen, en concurrencia con el relé de corriente continua *b*, un incremento de tensión en los terminales del alternador proporcionado á la carga. Este incremento para un valor dado de la carga es, por otra parte, re-

gurable, gracias á las condiciones de la bobina de corriente, de la cual se puede aumentar ó disminuir á voluntad el número de espiras en servicio.

Los esquemas de montaje (figuras 2.^a y 3.^a) corresponden respectivamente al caso de la regulación de un solo alternador provisto de una excitatriz, y al caso de la regulación de dos ó más máquinas marchando en paralelo y prestando su excitación á un cierto número de excitatrices puestas también en paralelo.

En este último caso, si los alternadores tienen características diferentes, es indispensable para llegar á una repartición igual de carga entre ellos, cuando ésta está sujeta á fluctuaciones, ponerlos en el punto de sus excitaciones respectivas por una regulación á mano. Por otra parte, la compensación de las desigualdades en el acondicionamiento de las excitatrices se obtiene por la inserción de resistencias en sus conexiones con el regulador.

Notemos, en fin, que en el caso de varios alternadores funcionando en paralelo y teniendo una sola excitación común, el esquema de la figura 3.^a no sufre otra modificación que la supresión de la conexión que termina en uno de los terminales señalados con el núm. 8 ó con el 12.—O.

ILUMINACIÓN DE INTERIORES

Los cristales para balcón deben dejar pasar la mayor cantidad de luz, modificando lo menos posible su composición, para lo cual se emplea de ordinario el cristal blanco y transparente, siendo en el día muy poco usados los de color, como no sea en vidrieras artísticas; pero actualmente el problema se complica al tratar de dar luz natural al interior de las habitaciones modernas dentro de las poblaciones. En ocasiones es preciso que un local reciba la luz exterior sin permitirse la vista de y desde el interior; recomiéndase en este caso el empleo del cristal deslustrado ó del traslucido, mas la cristalería moderna fabrica hoy un gran número de productos que Ingenieros y Arquitectos aprovechan para satisfacer á las exigencias de la construcción. Claramente se comprende que estos productos no han de permitir el paso de la luz en condiciones semejantes, y de aquí que el profesor de Física de la Universidad de Lausanne Mr. Henry Dufour se propusiese llevar á cabo una serie de experimentos fotométricos para precisar las condiciones más favorables en que uno ú otro material debe ser empleado.

Los resultados alcanzados se detallan á continuación, según trabajo publicado por el propio Mr. Dufour.

Ante todo, debe examinarse la manera cómo la luz penetra á través de un cristal ordinario y qué modificaciones sufre, según sean las superficies que limitan el cristal.

La luz que penetra por una vidriera de balcón ó ventana procede en parte de la claridad del cielo, en parte de la que difunden las construcciones ú objetos que se ven desde dicho balcón, y en pequeña porción de la que el suelo también difunde dirigiéndose de abajo á arriba. Como los cristales son ordinariamente láminas de caras paralelas, los rayos que dejan pasar salen en la misma dirección que tenían al llegar; pero la proporción de los que pasan al otro lado depende de la inclinación que tienen con relación á la superficie del cristal. Mientras los rayos horizontales, que caen, por tanto, normales á la vidriera, sólo pierden por reflexión un 4 por 100, los que llegan bajo un ángulo de 70° pierden ya un 16 por 100 (cuatro veces más que antes), y si su inclinación llega á un ángulo de 85° con la normal, la reflexión les hace perder un 66 por 100, convirtiéndose el cristal en un cuerpo más reflector que transparente.

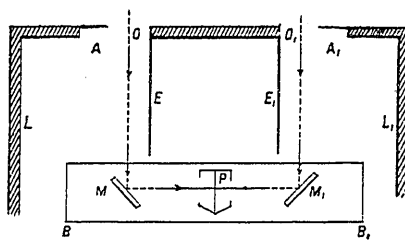
Cuando se trate de casas aisladas, con gran horizonte descubierto, la luz que penetra por los balcones es siempre suficien-

te, puesto que proviene de una gran extensión de cielo, que es la parte que más luz envía; pero la visibilidad del cielo disminuye á medida que se penetra hacia el interior de la habitación (1). Esta variación se ve en el siguiente ejemplo: sea una habitación de 6 m. de profundidad con una ventana de 1,77 m. de alto, arrancando á 0,80 m. sobre el suelo; por los dos cristales superiores se ve el cielo y por el inferior el horizonte más sombrío (que no se tiene en cuenta, pues lo que importa para la claridad de la habitación es el ángulo de visibilidad del cielo) á un metro de la ventana y á 0,80 m. sobre el piso se ve el cielo bajo un ángulo de 30°, á 2 m., y siempre en el mismo plano horizontal, disminuye á 25°; á 4 m. se reduce á 15° 40' y á 6 m., ó sea en el fondo, llega á 11° únicamente.

En el interior de las poblaciones, tratándose de edificios situados unos enfrente de otros, en calles más ó menos estrechas, la visibilidad del cielo desde dentro de la habitación sólo es posible en la inmediación de la abertura; á un metro el cielo ya no es visible y la luz que penetre en el cuarto es únicamente la que envían los muros, á veces oscuros, de las casas de enfrente; desde el interior de la habitación no se ve el cielo, á pesar de que una cierta región del mismo, aunque pequeña, mande luz á las vidrieras. En estas condiciones, al separarse del lado de los cristales, el decrecimiento de la cantidad de luz es muy rápido, puesto que las regiones de donde viene la claridad, no solamente disminuyen de magnitud aparente, sino que su perfil luminoso cambia, debilitándose de ordinario á medida que se acercan al plano horizontal en que se halla el observador.

Para atenuar este defecto es necesario que el cristal cambie la dirección de los rayos que sobre él caen, particularmente los que á su superficie llegan oblicuamente desde lo alto ó lateralmente, disminuyendo su oblicuidad, es decir, haciéndoles más normales á la vidriera y penetrando, por tanto, más profundamente en la habitación. Estas condiciones se cumplen de una manera sistemática y racional con el empleo de los prismas *luxfer*, que dirigen, según la dirección que se desea, la luz que llega en una dirección conocida, de manera semejante á lo que ocurre con los prismas de los aparatos de los faros.

Entrando ya en el método seguido por Mr. Dufour, véase cómo se ha dispuesto la habitación para los experimentos. La fachada orientada hacia el Este, y disfrutando de un horizonte bastante descubierto, tenía dos ventanas A y A_1 , distantes entre sí 2,70 metros; paralelamente á aquella se colocó una mesa con un fotómetro de Lummer & Brodhun, P , y dos espejos M y M_1 , que reflejaba sobre las dos caras del fotómetro la luz que en-



traba por las ventanas. De los seis cristales de cada ventana se cubrieron cinco con papel negro, quedando el sexto O y O_1 , para verificar las medidas fotométricas comparadas. Para esto se empezó por determinar con toda exactitud la intensidad de la luz que por la ventana entraba cuando no tenía cristal alguno y luego se iban colocando los diversos cristales que se querían estudiar, alternativamente en O y O_1 , mientras que quedaba sin cristal el correspondiente O , ú O_1 . Repitiendo de esta manera el ensayo se eliminaban los defectos posibles de simetría entre las dos ventanas, defectos muy pequeños, sin embargo, porque al edificio más inmediato, un hospital á 200 metros del plano de la

(1) Esta disminución depende muy principalmente de las dimensiones de la ventana y el relieve del horizonte exterior.