NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL

LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.3.9
21 de julio de 1961

ORIGINAL: ESPAÑOL

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

México, 31 de julio a 12 de agosto de 1961.

LA UTILIZACION DE LOS GRUPOS AXIALES PARA EL EQUIPAMIENTO DE LAS BAJAS CAIDAS

por H. Amblard

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

I N D I C E

		Página
I.	Introducción y resumen	1
II.	Grupos bulbos de microcentrales	2
	1. Sectores de utilización	2
	2. Interés de los grupos bulbos de microcentrales	3
	a) Ingeniería civil	3
	b) Material electro-mecánico	3
	c) Aparellaje eléctrico	3
III.	Grupos - Pozos	4
	1. Sectores de utilización	4
	2. Interés de los grupos-pozos	4
IV.	Los grupos bulbos de río	5
	1. Sectores de utilización	5
	a) Según las caídas	5
	b) Según las dimensiones	6
	c) Según el modo de explotación	6
	2. Interés de los grupos bulbos de río y balance económico global	7
	a) Ingeniería civil	7
	b) Material hidromecánico	7
	c) Otras ventajas de los grupos bulbos	8
V.	Conclusión	9

I. INTRODUCCION Y RESUMEN

Sábese que para una potencia dada, los valores relativos del gasto y de la altura de caída tienen una influencia primordial sobre el costo de una instalación hidroeléctrica. En particular, el precio de costo del kilovatio hora anual producido alcanza su nivel más elevado en las bajas caídas.

Para aumentar la rentabilidad de estas instalaciones, dominio de las turbinas Kaplan y Hélice, ha sido necesario apoyarse en nuevas técnicas que permiten realizar considerables economías en el precio de las obras de ingeniería civil y en el del material electro-mecánico: de entre estas técnicas los grupos axiales representan la solución más interesante del equipamiento de las bajas caídas.

La conducción hidráulica es muy sencilla comparada con la de las turbinas Kaplan y Hélice clásicas las que necesitan obras voluminosas y costosas. Gracias al escurrimiento axial del agua motriz y a la alimentación cónica de la rueda, las turbinas son de dimensiones más reducidas.

Imaginados ya en 1920, los grupos bulbos no se han desarrollado verdaderamente más que durante estos últimos años gracias a la impulsión dada a los estudios de las turbinas axiales destinadas al proyecto de la central mareomotriz de la Rance. Los progresos realizados han permitido llegar a concebir grupos bulbos de gran potencia.

Existen diferentes tipos de máquinas: bulbos de microcentrales, (centrales de muy baja caída y con gasto moderado), grupos pozo, bulbos de río, y cada uno de estos tipos tiene su sector particular de aplicación según sean las características de la instalación proyectada.

En una comparación con los grupos Kaplan y Hélice clásicos el balance económico global es netamente favorable a los grupos bulbos.

La disminución de las inversiones de capital necesarias es notable:

- del orden de 30 a 40 por ciento, según los casos, para los bulbos de microcentrales (la explotación a gran escala de este yacimiento hidropotencial, que hasta ahora no era rentable, puede ser proyectada)
- del orden de 15 a 20 por ciento para los equipamientos de los grandes ríos en valle.

/Desde ahora

Desde ahora pues, para toda instalación en baja caída, el proyectista debe necesariamente prever la posibilidad de instalar grupos bulbos del mismo modo que se preveían los grupos Kaplan clásicos.

La presente comunicación trata de las diferentes categorías de bulbos y de las implantaciones de centrales que les son inherentes. En esta comunicación indicaremos también las zonas de utilización y los criterios que pueden guiarnos en la elección de las soluciones que debemos adoptar. Y por fin, explicaremos las principales ventajas que presentan los grupos bulbos para el equipamiento de las bajas caídas.

II. GRUPOS BULBOS DE MICROCENTRALES

1. Sectores de utilización

Las caídas no sobrepasan 10 a 12 metros aproximadamente. Los gastos unitarios son inferiores a 15 - 20 m3 por segundo; las potencias por grupo varían entre 200 y 3 000 CV aproximadamente.

Las ruedas de las turbinas correspondientes tienen un diámetro inferior o igual a 1.800 mm aproximadamente.

Los grupos bulbos de microcentrales de generatriz asincrona deben estar acoplados a una red que fija la frecuencia así como la tensión y suministra además la potencia reactiva necesaria para la alimentación del circuito magnético de la generatriz.

La tensión en los bornes de la generatriz está impuesta por razones de construcción. Está comprendida generalmente entre 200 y 500 voltios para las potencias medianas y puede sin embargo alcanzar 1 000 voltios para las potencias más elevadas.

El débil valor del momento de inercia del rotor de la generatriz no permite a los grupos bulbos contribuir a la estabilización de la frecuencia de la red en caso de perturbación. Esto no impide en ningún modo prever en multitud de casos la instalación de grupos bulbos asincronos pues las potencias equipadas son en general débiles con relación a la potencia total de la red.

/2. Interés

2. Interés de los grupos bulbos de microcentrales

Las ventajas que presentan con relación a los grupos clásicos son notables.

a) Ingeniería civil

- ausencia total de cámara espiral, los grupos siendo instalados sea en conducción sea en cámara de agua.
- ausencia de edificios de centrales.
- disminución de los entre-ejes de la infraestructura de los grupos.

Resulta una disminución substancial de la Ingeniería Civil. Esta reducción oscila entre 10 y 70 por ciento según un estudio efectuado por Electricité de France. Para la central de CASTET por ejemplo la economía global realizada en las obras de Ingeniería Civil ha sido cifrada por la S.N.C.F. en 40 por ciento aproximadamente.

b) Material electro-mecánico

- Las dimensiones de la turbina son más reducidas: la disposición axial de las ruedas con alimentación cónica permite la utilización de fuertes gastos específicos compatibles con la obtención de buenos rendimientos. Además las simplificaciones aportadas al material juntamente con una estandardización más o menos grande contribuyen a la disminución del precio de venta de las máquinas.
- La mantención y la conservación de los grupos es fácil. Su desmontaje siendo monobloque es fácil transportarlos por camión, sin otra operación, directamente a la central principal o al taller para inspección y reparación. (La carga varía entre las 5 y las 15 toneladas.)

c) Aparellaje eléctrico

Es más reducido y más sencillo. La economía es del orden de 10 a 30 por ciento.

Los grupos bulbos con generatriz en el aceite han dado satisfacción a los utilizadores. Para los grupos de CASTET, los primeros de este tipo instalados en Septiembre de 1953, el cliente, la S.N.C.F., no prevé un desmontaje de limpieza y conservación más que cada cinco años.

/III. GRUPOS

III. GRUPOS - POZOS

Los primeros grupos de este tipo encomendados en 1954 han sido puestos en funcionamiento en 1957 en WADRINAU en el río Mosela (Francia). Estos grupos representan una etapa intermedia en la evolución de los grupos axiales hacia los grupos de río.

1. Sectores de utilización

Las alturas de la caída no deben ser muy importantes (5 a 6 metros) y los diámetros de la turbina no deben ser mayores de 3 a 3,50 metros porque sino los trabajos de mampostería serían muy costosos y como las potencias unitarias alcanzan de 4 a 5 000 CV podrían surgir dificultades para encontrar un alojamiento para el alternador en el pozo.

Los pozos de concreto convienen perfectamente para diámetros de turbina de 3 metros y el pozo metálico se reserva en general para diámetros inferiores.

El grupo pozo encuentra mucho más especialmente su utilización cuando la central que se proyecta construir no lleva más que un solo grupo. En el caso de varios grupos parece ser que es preferible utilizar los bulbos de río cuya descripción vamos a dar más adelante.

En efecto, el entre-eje de los grupos pozos es necesariamente más grande que el de los grupos de río a causa de los canales de alimentación y del espesor mínimo que debe darse a las paredes de concreto.

Sin embargo, en ciertos casos en que la topografía lo permite puede muy bien concebirse una instalación de varios grupos pozos.

2. Interés de los grupos-pozos

Por lo que respecta las pequeñas potencias los grupos pozos permiten la instalación de grupos compactos, facilmente desmontables y que pueden visitarse incluso cuando están en funcionamiento.

Convienen y se adaptan también para los pequeños grupos de restitución de presa en río pues pueden ser instalados facilmente en un arranque de presa. En este caso alimentan los auxiliares de la central eléctrica principal.

/Grupos de

Grupos de transición.- Los grupos pozos tienen las mismas ventajas que las que presentan los bulbos de microcentrales y los bulbos de río. En comparación con los grupos de solución Kaplan clásicos pueden realizarse importantes economías en la ingeniería civil y en los materiales.

En la central de MADRINAU por ejemplo la economía total sobre el conjunto del material mecánico (turbinas, alternadores, aparatos de manutención) ha sido estimado en cerca de 30 por ciento. Las economías realizadas en los trabajos de ingeniería civil, aunque han sido apreciables, son menores pues la forma especial de las obras de aducción aumenta los precios unitarios del concreto y la disminución de precios en este caso es inferior a la que pudiese preverse si la relacionamos con la disminución de volúmenes.

Los grupos pozos pueden eventualmente alimentar una pequeña red separada donde un reglaje preciso de la frecuencia no puede ser exigido.

Es fácil, aumentar el momento de inercia de las partes giratorias de la máquina añadiendo un volante en el pozo.

IV. LOS GRUPOS BULBOS DE RIO

Son estos grupos bulbos modernos de grandes dimensiones y de gran potencia que han sido puestos a punto gracias a los estudios de prototipos relativos a las centrales mareomotrices.

El éxito de los grupos experimentales de CAMBEYRAC (puesto en funcionamiento en Junio de 1957) y de ARGENTAT (puesto en funcionamiento en Mayo de 1958) ha abierto el camino a los grupos bulbos de río.

El primero de este tipo ha sido puesto en funcioamiento en BEAUMONT MONTEUX y funciona desde 1958 sin ningún incidente particular de la explotación y la técnica de este tipo de máquina ha sido particularmente confirmada por la puesta en marcha del grupo mareomotriz de SAINT-MALO en Diciembre de 1959.

1. Sectores de utilización

Depende de consideraciones constructivas y económicas.

a) Según las caídas

El interés de los grupos bulbos disminuye según la caída. Su dominio de aplicación se establece en primera aproximación hasta caídas del orden de 15 metros.

/Cuando las

Cuando las caídas son superiores (20-22 m por ejemplo) si se desea conservar una máquina económica, por razones de cavitación es necesario calar a un nivel relativamente bajo el eje del grupo.

Las excavaciones aumentan notablemente de volumen en detrimento de la rentabilidad del proyecto. Por otra parte los problemas de accesibilidad evocados anteriormente adquieren mayor importancia pues para una potencia dada las dimensiones del grupo bulbo disminuyen con el aumento de la altura de caída.

Sin embargo, en ciertos casos es perfectamente legítimo equipar caídas del orden de 20 metros con grupos bulbos cuando sujeciones particulares imponen esta solución: topografía, necesidad de aumentar la producción de energía de punta por bombeo, caudal de crecida o avenida que debe ser evacuado, etc...

b) Según las dimensiones

Como hemos expuesto más arriba cuando los diámetros de las ruedas están comprendidos entre 3 m y 4 300 metros (en primera aproximación) las razones de accesibilidad conducen a incorporar un multiplicador de velocidad entre la turbina y el alternador. Las potencias puestas en juego pueden alcanzar valores cercanos a 10 000 CV para multiplicadores cilíndricos de un piso.

Cuando las dimensiones lo permiten (diámetros de rueda superior a 4 300 m) el grupo bulbo está previsto con arrastre directo del alternador. Las potencias unitarias pueden alcanzar 30 000 a 40 000 CV.

El límite superior de las dimensiones que pueden preverse para los grupos bulbos aguas arriba proviene de la importancia del peso de la rueda en voladizo sobre el cojinete aguas abajo del grupo y de las posibilidades de transporte de la carcase del alternador.

c) Según el modo de explotación

Como todas las instalaciones de baja caída los grupos bulbos presentan el inconveniente de tener un valor preponderante de la inercia del agua en las conducciones con relación a otras características de regulación. Este fenómeno se encuentra amplificado por el hecho de que la inercia de las partes giratorias de los grupos bulbos es, a causa de su misma construcción, más débil que la de los grupos Kaplan clásicos.

/Por esta

Por esta razón los grupos bulbos pueden difícilmente alimentar por sí solos una red separada. Si se les diese como consigna la de regular una red las diferencias de frecuencia que resultarían podrían ser inadmisibles.

Notemos que la comparación de los grupos bulbos y los Kaplan clásicos da una ventaja a los Kaplan, ventaja que disminuye a medida que aumenta el coeficiente de auto-reglage de la red, pues la acción estabilizadora de la red tiene un efecto relativamente más importante para los grupos de débil inercia.

Los grupos bulbos funcionan en limitador de abertura, y su carga respectiva, según una consigna recibida o un programa predeterminado, es modificada por una intervención exterior a la red (humana o automática).

2. Interés de los grupos bulbos de río y balance económico global

Para una instalación dada una comparación entre los gastos ocasionados por los dos tipos de equipamiento posible, Kaplan clásico o grupos bulbos arroja un resultado dando una economía global del orden de 20 por ciento en favor de los grupos bulbos.

a) Ingeniería civil

Estas economías se producen en su mayor parte en la Ingeniería Civil.

Una estimación precisa efectuada para diferentes proyectos muestra que estas economías pueden alcanzar hasta 30 y 35 por ciento del costo de las obras interesadas.

Los volúmenes de concreto y de excavaciones son menores. En ausencia de cámara espiral y de aspirador o tubo de aspiración codado las formas de las obras son más sencillas.

El entre-eje de los grupos es más pequeño y el volumen en plano de la central es menor. La superestructura de la central queda asimismo reducida.

b) Material hidromecánico

La disposición axial de la turbina con alimentación cónica permitiendo la utilización de fuertes caudales específicos las dimensiones de las máquinas son más pequeñas para una potencia dada. Por ejemplo, el diámetro de una rueda de grupo Bulbo es de 7 a 8 por ciento inferior al diámetro de una turbina Kaplan de igual potencia.

/La economía

La economía de precio del grupo bulbo (material hidromecánico) no es tan importante como podría parecernos viendo el porcentaje de disminución del peso correspondiente. Los precios específicos del bulbo son más elevados que los de las turbinas Kaplan. Esto es debido a las diferencias de concepción y de tecnología de las máquinas que juegán en desfavor del grupo bulbo: formas epeciales de los conjuntos parciales (distribuidor cónico, por ejemplo) multiplicación de las bridas que permiten el desmontaje, refuerzo de las piezas que constituyen la conducción hidráulica que no está fijada.

En principio podemos decir que la reducción de precio en el conjunto del material electromecánico (comprendiendo el alternador) se eleva a 8 por ciento del precio del material clásico de igual potencia.

La disminución global de las inversiones de capital de 20 por ciento indicada más arriba se traduce generalmente por una disminución de precio del kilowatio instalado del orden de 15 por ciento.

c) Otras ventajas de los grupos bulbos

En una instalación comportando grupos bulbos las dimensiones de los evacuadores de avenidas y de los descargadores pueden ser más reducidas. El sistema de compuertas costará menos caro. Los grupos bulbos son capaces de dejar pasar en marcha en vacío una fracción importante del caudal nominal cosa muy interesante en período de altas aguas en caso de una disyunción momentánea.

En fin, la producción de conjunto de centrales dispuestas en cascada en el curso de un río será netamente valorizada por la instalación de grupos bulbos. Son entonces posibles operaciones de bombeo y así durante las horas de inactividad las aguas pueden embalsarse en la reserva aguas arriba.

La producción de energía de punta es aumentada. El trabajo de las reservas de aguas almacenadas está concentrado durante las horas de fuertes demandas,

- la potencia garantizada es tomada durante los períodos secos del año;
- la posibilidad de intervención de las centrales es aumentada.

Y para terminar diremos que al mismo tiempo que estos grupos procuran economías apreciables en los capitales invertidos conducen a una utilización más fuerte del potencial energético de los grandes ríos de llanura.

/V. CONCLUSION

V. CONCLUSION

Concebidos primitivamente para revalorizar las pequeñas instalaciones de bajas caídas, los grupos axiales han presentado tales ventajas hidráulicas y económicas que han terminado por imponerse como siendo los únicos capaces de resolver el problema del equipamiento de centrales mareomotrices para las cuales grupos bulbos de grandes dimensiones están actualmente en funcionamiento o en curso de construcción.

La explotación del grupo mareomotriz de SAINT-MALO habiendo probado el éxito de este funcionamiento en condiciones muy severas hubiese parecido anormal imaginar que tales grupos no pudiesen concurrenciar con ventaja las turbinas Kaplan clásicas en las instalaciones de bajas caídas para las cuales los problemas son evidentemente más sencillos.

La comparación de las dos soluciones ha demostrado en buen número de casos una neta ventaja en favor de los grupos bulbos, por lo que desde ahora, para una instalación en gran río de llanura, todo proyectista advertido debe necesariamente prever la posibilidad de instalar grupos bulbos.