

3. JRISTOPOROV, B.D. y E.A. Shirokova: Parámetros de las ondas de choque en las explosiones subacuáticas de cargas de barrenos (en ruso), PMTF no. 5, 1962.
4. BOROVIKOV, V.A., Y.M. Misnik, S.I. Moiseiev y V.V. Sichov: "Sobre el cálculo de los parámetros de las ondas de tensión en la explosión de cargas con espacios radiales de aire y agua". Colección Trabajos de Construcción de Minas y Explosivos (en ruso), Ira. ed., Tula, 1973.
5. XANUKAEV, A.N.: Procesos físicos en el arranque de rocas con explosivos (en ruso), Ed. Nedra, 1974.
6. LURSMANASHVILLI, G.S.: "Investigación de los métodos de fragmentación de las rocas" en Investigaciones en el campo de nuevos materiales de construcción y máquinas (en ruso), Ed. Stroiizdat, 1973.

## SOBRE EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA MEDIANTE LA RACIONALIZACION DEL SERVICIO ENERGETICO DE EMPRESAS DE PRODUCCION

### RESUMEN

En el trabajo se analizan las posibilidades de economía de energía eléctrica y la elevación de las potencias instaladas a través de la elevación del factor de potencia en empresas de producción, así como sobre la racionalización de la carga de los equipos de fuerza.

Se muestran resultados obtenidos al analizar esta situación en el servicio energético de la fábrica "Comandante Pedro Soto Alba" en Moa y la "Comandante Manuel Fajardo Rivero" en Manzanillo, representantes, respectivamente, de empresas consumidoras grandes y medias.

### Аннотация

В работе анализируются возможности экономии электрической энергии и повышение использования установленных производственных мощностей посредством увеличения фактора мощности — производственных предприятий и рационализации загрузки силового оборудования.

Демонстрируются результаты, полученные при анализе этой ситуации энергетической службы фабрики "Педро Сото Альба" г. Моа и "Мануэль Фахардо" в Мансанилье, представляющих собой соответственно потребителей и средства — мощные и небольшие.

SOBRE EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA  
MEDIANTE LA RACIONALIZACION DEL SERVICIO  
ENERGETICO DE EMPRESAS DE PRODUCCION

Svietlana Petrovna Maliuk  
Ingeniero Electricista  
Jefe del Departamento de Electromecánica del ISMMMoA

Rafael Pérez Barreto  
CD en Ciencias Técnicas  
Profesor Titular del ISMMMoA

Los planes de desarrollo de la economía exigen el incremento incesante de la energía eléctrica para abastecer diferentes ramas de la industria equipadas con una técnica avanzada de alta productividad. El incremento de la producción de energía eléctrica en Cuba desde 1958 se muestra en la Figura 1.

Nuestro país no cuenta con fuentes naturales energéticas poderosas, y el sistema electroenergético nacional se basa en termoeléctricas que consumen petróleo de importación, cuyo precio en el mercado mundial se ha incrementado fabulosamente en los últimos años y es necesario transportarlo a grandes distancias. En la Figura 2 se muestra el incremento de los precios de los diferentes crudos en el mercado mundial, situados en una zona cuyos límites superior e inferior indican los valores máximo y mínimo, respectivamente.

En esta situación, la utilización racional y el ahorro de la energía eléctrica constituyen una tarea de importancia nacional.

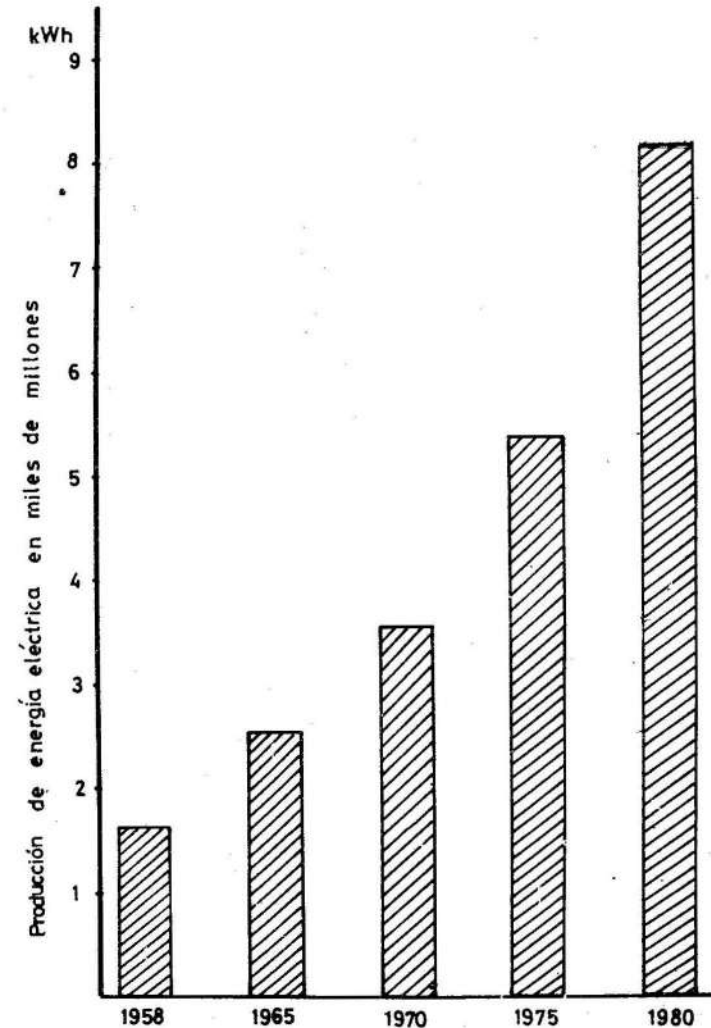


Fig. 1. Incremento de la producción de energía eléctrica en Cuba.

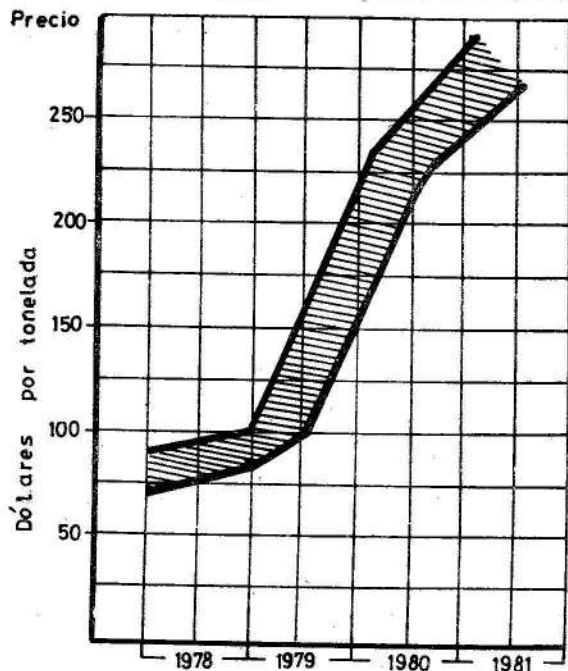


Fig. 2. Incremento del precio de los crudos en el mercado mundial.

En los últimos años se han intensificado los trabajos con vista a la disminución y racionalización del consumo. Entre las medidas de importancia tomadas, se encuentra la implantación del sistema de pago a los consumidores electrodomésticos, proporcional al consumo de energía y la aplicación de tarifas para desalentar el gasto en las horas pico.

Comoquiera que en el país existen 5 200 empresas industriales que utilizan el 55 % del total de la energía eléctrica entregada por el sistema nacional [4] y en las cuales no se incluyen aquellas que poseen fuentes de abas-

tecimiento energético propias, se hace evidente que la magnitud del consumo de energía eléctrica en las industrias es tal que obliga a descubrir las reservas existentes para su utilización racional y establecer los mecanismos que estimulen el ahorro.

Como es conocido, el factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) constituye uno de los indicadores técnico-económicos más importantes en la elaboración y el consumo de energía eléctrica. Su valor influye considerablemente en la determinación de la potencia instalada, así como en el consumo de la energía.

No se tienen datos acerca del factor de potencia medio nacional, por lo cual realizamos investigaciones en la Empresa Niquelífera "Comandante Pedro Soto Alba" de Moa [2], y la de Producción Mecánica "Comandante Manuel Pajardo Rivero" de Manzanillo [5]. La primera tiene una termoeléctrica propia con tres generadores con potencia nominal de 7 500 kVA cada uno y cuenta, entre otros, con poderosos motores sincrónicos que permiten mantener el  $\cos \varphi = 0,83$ .

El factor de potencia normado en el sistema electroenergético nacional para esta empresa es de 0,92. Esto significa que la termoeléctrica puede elaborar con este  $\cos \varphi$  una potencia activa:

$$P = S \cos \varphi = 22\ 500 \cdot 0,92 = 20\ 700 \text{ kW};$$

y que en la práctica genera:

$$P = S \cos \varphi = 22\ 500 \cdot 0,83 = 18\ 675 \text{ kW}$$

Es evidente que tiene posibilidades reales de aumentar la carga eléctrica en 2 025 kW, si trabaja con el factor de

potencia normado, lo que equivale a una reserva de 2 440 kVA, o sea, el 10,4 %.

Las reservas detectadas tienen lugar en una empresa que, como hemos dicho, utiliza potentes motores sincrónicos que tienden a elevar el factor de potencia medio. Esta situación es mucho peor en el resto de las 5 200 empresas del país que no tienen estas características.

Con el objeto de determinar la situación existente se ha llevado a cabo el trabajo en la Empresa de Producción Mecánica "Comandante Manuel Fajardo Rivero" de Manzanillo, en cierta medida representativa de empresas más pequeñas, conectadas a la red nacional y equipadas con máquinas de potencia pequeña y media.

En esta empresa el factor de potencia es muy variable y promedia 0,62 = 0,64. La potencia promedio activa de la empresa constituye unos 270 kW, lo que implica que la potencia total suministrada por la red nacional será:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{270}{0,64} = 423 \text{ kVA}$$

Si la empresa logra aumentar el  $\cos \phi$  hasta 0,9, valor normado, la potencia suministrada disminuirá hasta:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{270}{0,9} = 300 \text{ kVA}$$

Esto constituye una disminución de 123 kVA, es decir, de un 29 %, lo que equivale a una reserva de la potencia activa de:

$$P = 123 \cdot 0,9 = 111 \text{ kW}$$

Estas magnitudes elevadas a la potencia en el país permiten revelar un estimado de la reserva de potencia de no menos del 25 % de la instalada en las empresas industriales de este tipo y del 10 % para las empresas del tipo de la "Comandante Pedro Soto Alba", que son pocas. Estas reservas están determinadas solamente por la potencia activa y no incluyen el ahorro de energía mediante la disminución de las pérdidas [3] que también dependen en gran medida de este factor. En la Figura 3 se muestra el diagrama vectorial que ilustra la influencia del factor de potencia en la magnitud de las pérdidas.

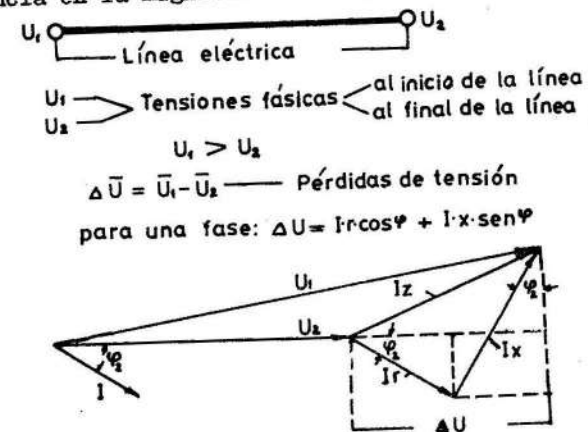


Fig. 3. Diagrama vectorial de tensiones en una línea de distribución de energía eléctrica.

Un cálculo sencillo demuestra que las pérdidas de energía que tienen lugar en una instalación eléctrica con un factor de potencia  $\cos \phi = 0,64$  son 1,84 veces mayores que las pérdidas que tendrían lugar en la misma instalación pero que trabaja con el  $\cos \phi = 0,9$  (normado), lo que significa para las instalaciones industriales (admitiendo pérdidas de no más de un 5 %) un ahorro de energía de un 4 % aproximadamente.

En la Empresa "Comandante Manuel Fajardo Rivero" de Manzanillo, estas pérdidas alcanzan en la actualidad un 9 % y afectan el trabajo normal de las máquinas por la disminución de la tensión en las redes internas de la empresa con consecuencias bien conocidas.

En el año 1981 se produjo en la Empresa "Comandante Pedro Soto Alba", 90 457 600 kWh de energía eléctrica, de las cuales, según los análisis realizados, 5 376 529 kWh constituyeron pérdidas de energía equivalentes al 6 % de la total generada por la empresa. Si se hubiera trabajado con el  $\cos \varphi = 0,92$  las pérdidas hubiesen sido de 4 millones 370 062 kWh, o sea, menos en 1 006 467 kWh, lo que constituye \$ 41 265, a razón de \$ 0,041 el kWh, según la tarifa establecida. Esta suma sería capaz por sí sola de amortizar cualquier inversión racional, para incrementar el factor de potencia en un período no mayor de un año. Es decir, el 1 % aproximadamente del consumo de energía se perdió por el  $\cos \varphi$  relativamente bajo.

En cuanto a la Empresa "Comandante Manuel Fajardo Rivero" donde también se realizaron los estudios y el  $\cos \varphi$  es mucho más bajo (0,64 promedio), la magnitud relativa de las pérdidas es mucho mayor y, como se dijo anteriormente, el 4 % de energía total consumida se pierde debido al  $\cos \varphi$  existente.

Las causas del bajo  $\cos \varphi$  son bien conocidas; están determinadas por la presencia de transformadores de fuerza y motores asíncronos que implican a carga nominal un factor de potencia promedio de la empresa entre 0,8 - 0,85 y por deficiencias técnico-organizativas que están relacionadas con utilización irracional o incorrecta de los mismos. En la Figura 4 se muestra en forma general la variación del factor de potencia en función de la carga para máquinas de corriente asíncronas.

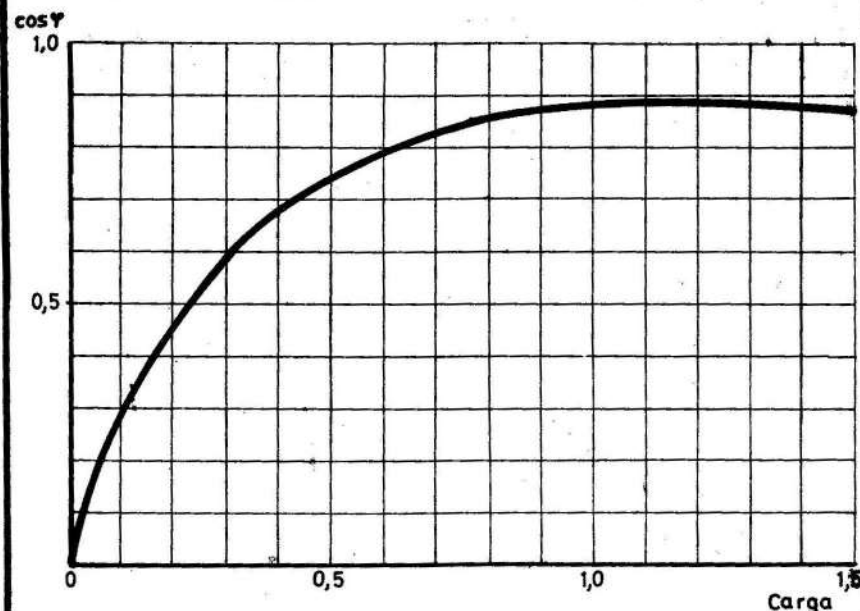


Fig. 4. Variación del factor de potencia en función de la carga de una máquina asíncrona.

En el primer caso por lo general es necesario realizar inversiones para aumentar el  $\cos \varphi$ , mientras que en el segundo caso se puede lograr el incremento sin inversiones mediante las medidas organizativas y racionalizadoras del trabajo. Pero esto exige la existencia de fuerzas técnicamente calificadas y un sistema de tarifas que estimulen el ahorro y el aumento del factor de potencia en las empresas productoras, lo cual implica, a su vez, la necesidad de instalar instrumentos que permitan cuantificar los principales índices de consumo de la empresa industrial.

En relación con este último aspecto es interesante el trabajo realizado en el Instituto Superior Minero-Metalúrgico



de Moa [1], donde no existen metros contadores y el consumo se paga por una tarifa fija, establecida por la Empresa Eléctrica. De tal forma el consumo real no influye en el costo. Esta situación es válida para muchas empresas del país e incluso para algunos sectores domésticos.

Las mediciones realizadas en el ISMMMoA han demostrado que el consumo real constituye el 30 % del establecido por la Empresa Eléctrica, lo que evidentemente desvirtúa los índices de trabajo de diferentes empresas del país y no favorece el ahorro de la electricidad.

Con respecto a las fuerzas técnicamente calificadas, debe señalarse que el país prácticamente no prepara los ingenieros de explotación en cuyo contenido de trabajo se encuentra, además de la elección y utilización racional de las máquinas e instalaciones imprescindibles a un proceso tecnológico, el ahorro de energía y combustible. Estas funciones se encuentran a cargo de mecánicos y eléctricos puros cuya preparación no permite resolver este problema en forma integral.

Podríamos señalar que durante la elección de las instalaciones de bombeo, compresores, ventiladores, transporte, máquinas de ascenso de carga y otros, se encierran enormes reservas de ahorro de energía y combustible, que exigen conocimientos eléctricos y mecánicos profundos, cuyo enlace lógico no contempla los planes de preparación de los especialistas mecánicos y eléctricos actuales.

Con respecto a una tarifa capaz de estimular de una forma integral el ahorro de energía eléctrica, tiene interés el sistema utilizado en la URSS, según el cual el costo de energía eléctrica depende de la potencia instalada y almacenada y de la magnitud del  $\cos \varphi$ .

#### CONCLUSIONES

Los trabajos realizados demuestran que existen reservas de potencias instaladas que alcanzan cerca de un 10 % para las empresas poderosas y hasta un 25 % para las empresas pequeñas y medias con bajo factor de potencia, a pesar de que el déficit nacional en la generación de la energía eléctrica es crónico.

La elevación del  $\cos \varphi$  en las empresas industriales constituye una tarea de importancia nacional que permite el incremento de producción con las potencias instaladas o intensifica el ahorro de energía eléctrica mediante la disminución de las pérdidas hasta un 4 % en las empresas pequeñas y medias y no menos de un 1 % en las empresas poderosas.

El sistema de pago por el consumo de energía eléctrica actual no estimula el incremento del factor de potencia en la unidad de producción. Es imprescindible el estudio y establecimiento de un sistema que tome en consideración tanto el factor de potencia como la potencia instalada y almacenada.

Es necesaria la instalación de metros contadores de energía activa y reactiva que permitan establecer los principales índices de consumo de energía eléctrica; sin el control del consumo no es posible estimular el ahorro.

Es imprescindible la preparación de especialistas superiores con profundos conocimientos electromecánicos que sean capaces de realizar la explotación de equipamiento industrial con el máximo ahorro de energía y combustible o incluir estos contenidos en las especialidades actuales.

## REFERENCIAS

1. DEPARTAMENTO DE ELECTROMECHANICA, ISMMMOa: Determinación del consumo de energía eléctrica del Instituto Superior Minero-Metalúrgico, ISMMMOa, 1982.
2. GUERRERO, J., J. Díaz, S. Maliuk y A. Parodi: "Análisis del mejoramiento del factor de potencia en la Empresa 'Comandante Pedro Soto Alba'". Trabajo de Diploma, ISMMMOa, 1982.
3. MALIUK, S.: Factor de potencia en la producción. Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1980.
4. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA: Informe Central al II Congreso. Palacio de las Convenciones. La Habana, 1980.
5. RAÑA, L., P. Quintero y S. Maliuk: "Análisis del factor de potencia en la Empresa 'Comandante Manuel Fajardo Rivero'". Trabajo de Diploma, ISMMMOa, 1982.

## LA REGULACION DEL VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE UN LIQUIDO EN UN RECIPIENTE

## RESUMEN

En este trabajo se estudian dos métodos para regular el valor medio  $\bar{t}$  del tiempo de residencia de un líquido: uno de ellos, a través de un circuito clásico de regulación de razón, y el otro, por medio de una válvula reguladora de  $\bar{t}$ . Se exponen, además, los resultados experimentales obtenidos.

## Аннотация

В статье изучаются результаты изучения методов регулирования средних значений ( $\bar{t}$ ) времени нахождения жидкости в сосуде: один из них, классический метод циркуляции с выбором соотношений объём жидкости в сосуде и объёмного расхода через выходное отверстие, и второй, регулирование с помощью клапана регулирующего время нахождения жидкости в сосуде. Приведены полученные экспериментальные данные.