

Selección de potencias nominales y tensiones de motores eléctricos acompañantes de bombas

MsC. Ing. José Luis Amador Vilariño
Especialista Dpto. de Ingeniería
Empresa de Acueductos y Alcantarillado Camagüey.
email: jlamador@acuecm.hidro.cu

RESUMEN

La selección errónea de las potencias en el eje de los motores de inducción que se compran actualmente para accionar las bombas y también la selección incorrecta de sus tensiones nominales de utilización, puede conducir a problemas prácticos insospechados durante el bombeo en instalaciones rurales alejadas. A partir del estudio realizado en el presente trabajo se proponen medidas para erradicar los problemas que se presentan en dichos motores conectados en lugares distantes de las subestaciones de transmisión del sistema electroenergético nacional.

Palabras clave: electrobombas, potencia del motor, tensiones de utilización.

Selection of full-load power and voltage of electric motors for water pumps

ABSTRACT

Wrong selection of full-load power of induction motors which are being purchased at present to drive water pumps and also an incorrect selection of their nominal performance voltage can lead to unexpected practical problems during pumping in far rural pumping stations. A thorough study is presented in this paper leading to a set of proposed measures in order to eliminate those problems which can frequently arise in motors connected in places which are distant from transmission substations of the national electropower system.

Keywords: electric pumps, motor power, working voltage.

INTRODUCCIÓN

Este estudio está basado en problemas reales que se observan en los motores de las electrobombas de dos estaciones de bombeo en la provincia de Camagüey (presa Máximo y pozos de La California), y pretende, previa explicación en su desarrollo, darle solución, no sólo para los ejemplos mostrados, sino crear las bases que eviten la repetición de los mismos (Amador 2007). Su objetivo radica en la erradicación de los problemas de operaciones que se presentan, fundamentalmente en los disparos innecesarios de las protecciones y de posibles averías que se pueden generar al fallar éstas. A manera de recordatorio, en la figura 1 se muestra la potencia eléctrica de entrada (en kW) y la potencia nominal mecánica (en kW) de salida por el eje, llamadas **P1** y **P2**. Por supuesto, esto es válido cuando el motor se encuentra recibiendo su tensión de utilización nominal en volt (**V**) y tomando su corriente nominal de chapa en ampere (**I**). La potencia de salida mecánica también se puede representar eléctricamente como (FP es el factor de potencia):

$$P_2 = 1,732 \times V \times I \times FP \times E_{fic}(\text{motor}) \quad (1)$$

Durante el montaje y la puesta en marcha de estas estaciones de bombeo (EB), se pudo observar que:

- En el caso de la EB de Máximo se reportan motores trabajando muy calientes y con disparos frecuentes de las protecciones de sobrecarga.
- En el caso de la EB de La California las corrientes de trabajo subían demasiado para entregas de gasto inferiores a las normales necesarias.
- En ambas EB las corrientes de trabajo (**I**) estaban desbalanceadas y una de las corrientes de línea casi con igual valor a la nominal del motor (**I_{nom}**).

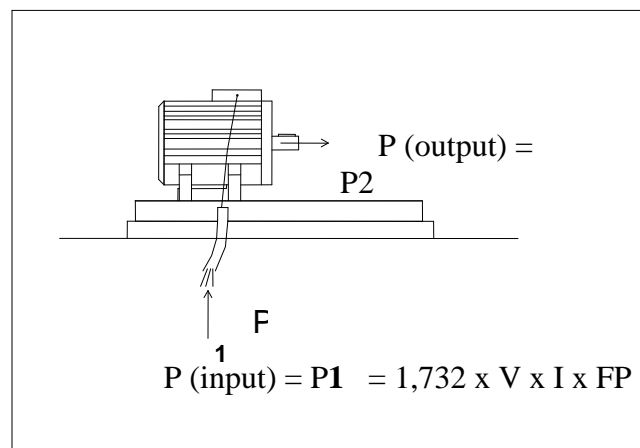


FIGURA 1. Potencias de entrada (P1) y salida (P2) de un motor eléctrico

CRITERIOS TRADICIONALES DE SELECCIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR (PM) QUE ACOMPAÑA A LA BOMBA

Las bases de diseño instituidas desde hace tiempo por las empresas de proyectos hidráulicos y que siguen siendo empleadas actualmente, establecen que hay que multiplicar por un factor a la potencia requerida por la bomba (**P_b**), el cual se escoge en dependencia de su magnitud, a partir

de la fórmula (1) de la potencia mecánica que pide la bomba por su eje y por la tabla 1 y fórmulas (2) y (3).

$$P_b \text{ (kW)} = Q \text{ (l/s)} * H \text{ (m)} / (102 * \text{Efic. Bomba}) \quad \text{- en el eje -} \quad (2)$$

$$P_m = P_b * \text{Factor} \quad \text{- que debe tener el motor -} \quad (3)$$

TABLA 1. Factores de multiplicación para calcular la Potencia Nominal del motor acompañante

Pb	Factor
Menor de 1,5 kW	1,50
De 1,5 kW a 4 kW	1,25
De 4 kW a 7,5 kW	1,20
De 7,5 kW a 40 kW	1,15
Mayor de 40 kW	1,10

Las Potencias Normalizadas (Pnom) de fabricación de los motores eléctricos de inducción, en kW, se pueden observar en un fragmento de ellas indicado en la tabla 2.

TABLA 2. Potencias normalizadas de Motores de Inducción desde 40 kW (Pm = Pb * Factor)

...	40	45	50	55	63	<u>75</u>	80	90	110	132
	150	160	185	200	220	<u>250</u>	280	300	315	330
	335	355	370	...						

A partir de las tablas 1 y 2 es posible calcular el motor indicado para las bombas de la presa Máximo (abasto a la ciudad de Camagüey) y para las baterías de pozos de La California (para el abasto alternativo a la ciudad de Nuevitás).

EB de la presa Máximo

$$P_b \text{ (kW) eje} = Q \text{ (l/s)} * H \text{ (m)} / (102 * \text{Efic. Bomba})$$

$$P_b = 110 * 147 / (102 * 0,76)$$

$$P_b = 208,59 \text{ kW}$$

$$P_m = 208,59 * 1,10 = 229,45 \text{ kW}$$

Potencia Motor Normalizado (Pnom): 250 kW

Potencia del Motor pedida: Pnom = 250 kW

Sin embargo la tensión de conexión suministrada fue de 460 volt.

La potencia del motor suministrado fue: Pnom = 230 kW (340 ampere nominales a 460 volt)

EB de La California, Nuevitas

Pozo 623-D

Pb = 43,7 kW (proyectada)

Motor requerido: $P_m = 43,7 \times 1,10 = 48,0$ kW

Potencia Motor Normalizado: $P_{nom} = 50$ kW

Motor recibido: 45 kW (156 ampere nominales-220 volt)

Pozo SN-1

Pb = 58 kW (proyectada)

Motor requerido: $P_m = 58 \times 1,10 = 63,8$ kW

Potencia Motor Normalizado: $P_{nom} = 75$ kW

Motor recibido: 66 kW (221,5 ampere nominales-220 volt)

DESEQUILIBRIO O DESBALANCE DE LAS TENSIONES DE LÍNEAS

En estos lugares casi siempre existen desbalances entre las tensiones de líneas, causados por la no cuidadosa conexión de las cargas monofásicas a las líneas de distribución y subtransmisión y por la no meticulosa transposición de los hilos en los postes en las líneas del sistema electroenergético nacional (SEN), en donde se van produciendo impedancias diferentes con corrientes desiguales en los tres conductores, las cuales producirán caídas de tensiones desiguales entre líneas a lo largo de su recorrido hasta las estaciones de bombeo, las que generan corrientes de magnitudes diferentes en las cargas trifásicas conectadas, con valores muy significativos, en donde los motores, *si están muy cargados*, pueden hacer operar las protecciones de sobrecarga inútilmente.

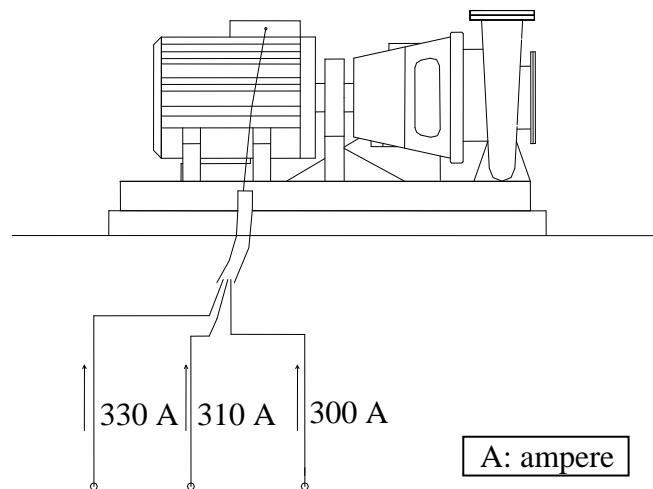


FIGURA 2. Efecto real del desbalance en motores de la EB de Máximo.

EB Máximo: En la figura 2 se observan desbalances reales ocurridos en las corrientes de 330, 310 y 300 ampere en cada una de las fases y en todas las bombas, con diferencias de hasta 30 ampere, motivados por unos 8 volt de diferencia entre 2 de las lecturas entre líneas.

Los relevadores multifunción de sobrecarga electrónicos están ajustados a la intensidad nominal $I_{nom} = 340$ ampere. Es preciso en este caso remarcar que el desbalance de 8 volt está dentro del 2% permitido por la ley eléctrica (MIE 1975) y por los fabricantes de esas electrobombas.

EB La California: Existe un desbalance de 6 volt entre dos líneas (en este caso por encima del 2 %) que limita por corriente a los motores que están trabajando a plena carga, como hubo de comprobarse en el motor de 66 kW del Pozo SN1, donde existen desbalances de hasta 11 ampere, con tensiones de alrededor de 230 volt, como se muestra en la figura 3.

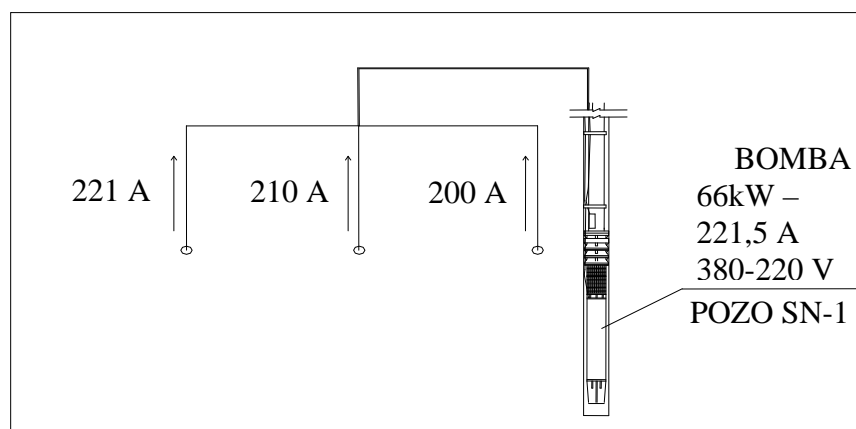


FIGURA 3. Lecturas desbalanceadas en la bomba del pozo SN-1 de La California.

Variaciones de tensiones reales en las líneas del SEN cubano de acuerdo con la regulación natural de las mismas

La Ley 1287 del Servicio Eléctrico expresa lo siguiente (MIE 1975):

“El Ministerio de la Industria Eléctrica transmitirá, subtransmitirá y distribuirá la energía eléctrica y las tensiones nominales... con una tolerancia del $\pm 5\%$ en el sistema de subtransmisión...” (ver tabla 3).

TABLA 3 . Magnitud de las variaciones de tensión.

Variaciones	V utilizado (volt)	V utilizado (volt)
	440 volt	460 volt
+10 %	484	506
+ 5 %	462	483
0 %	440	460
- 5 %	418	437
-10 %	396	414

n Valores observados en la EB de Máximo:

Desde 443 volt hasta 490 volt, -11,36 % con respecto a la tensión nominal de 440 volt.

Valores que debe garantizar el SEN:

Desde 440 volt hasta 480 volt (para -10 % total de regulación).

n Valores observados en la EB de La California:

Desde 230 volt hasta 250 volt, -13,6 % con respecto a la tensión nominal de 220 volt.

Valores que debe garantizar el SEN:

Desde 220 volt hasta 240 volt (para -10 % total de regulación).

(Beeman 1955).

Variaciones máximas de tensión en algunos países

De acuerdo con la tabla 4, obtenida de un catálogo de supresores de sobre-tensiones (Citel 2003), se podrá observar que las variaciones de tensión y los problemas de regulación de esas tensiones en otros países son similares a los de Cuba.

TABLA 4. Tensión máxima en régimen permanente (Uc)

Sistema nominal	Francia		Estados Unidos	Estados Unidos
230/400 volt - Y	440 volt	-	-	-
230/400 volt - Y	-	433 volt	-	-
120/208 volt - Y	-	-	150/260 volt	-
277/480 volt - Y	-	-	-	510 volt

CÓMO ACTÚA LA VARIACIÓN DE LA TENSIÓN EN LAS DOS ESTACIONES DE BOMBEO

Se sabe que la potencia de entrada al motor por los conductores y la potencia entregada por el motor en el eje responde a las expresiones (4) y (5):

$$P (\text{input})= 1.732 \times V (\text{línea}) \times I (\text{línea}) \times FP \quad (4)$$

$$P (\text{eje})= 1.732 \times V (\text{línea}) \times I (\text{línea}) \times FP \times \text{Efic.} \quad (5)$$

Es fácil advertir en ambas ecuaciones que si la tensión baja la corriente aumentará de valor. En la EB de Máximo la tensión baja produjo *del reforzamiento de corriente* de las lecturas desbalanceadas explicadas antes, en cada uno de los hilos y en todas las bombas, causadas por los 8 volt de diferencia real entre 2 de las lecturas entre líneas. Los relevadores de sobrecarga, ajustados a la $I_{nom} = 340$ ampere, operan debido sólo al incremento de corriente en uno de sus hilos. Por otra parte en la EB de La California, una bajada de la tensión de línea también produce un reforzamiento de la diferencia de corriente producida por el desbalance que existe de 6 volt entre las dos líneas, afectando aún más a los motores a plena carga, como es el caso del motor citado anteriormente de 66 kW.

Cuando la tensión varía, no sólo se altera la corriente sino también el flujo magnético que es el responsable del amarre magnético entre estator y rotor, variando por consiguiente el resbalamiento. Al variar la corriente también lo hará el factor de potencia del motor, así como su eficiencia. Esto se muestra en la figura 4.

Con referencia a la figura 4 (Beeman 1955), el autor ha elaborado una serie de tablas (tablas 5, 6, 7 y 8) en donde se aprecia, para los motores de la EB de la presa Máximo, cómo van a variar las corrientes de los motores reales instalados y los proyectados, pudiéndose observar para cada disminución de la tensión, aquéllas corrientes que pudieran llegar a operar a las protecciones, excepto para cuando se hubieran podido instalar los motores proyectados (a 440 volt con 250 kW de potencia). La caída total proyectada y real dentro de la instalación es del 2.7 %, acaecidas en el transformador, en la acometida, en las barras y en el conductor del motor.

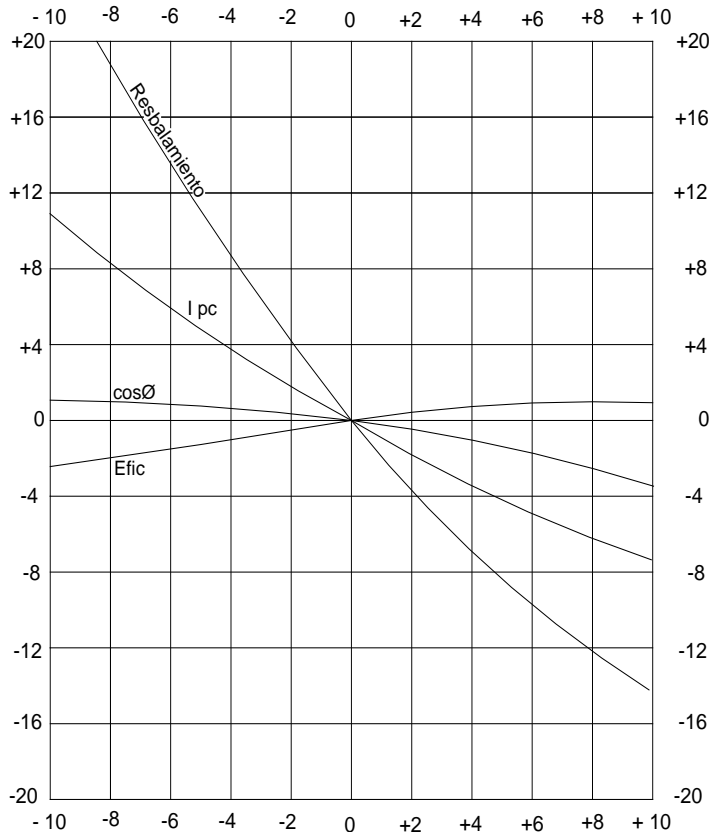


FIGURA 4. Efecto cuando varía la tensión

En la tabla 5, que corresponde al motor instalado, puede notarse el por qué cuando las corrientes están desbalanceadas con una carga real de 208 kW, operan las protecciones cuando la caída de tensión resultante total alcanza en las barras hasta un valor del **- 8%** (423 volt) con respecto a la tensión de utilización del motor instalado. Los valores quedan indicados en **negrita y subrayados**.

Si el motor tuviera que entregar más potencia a la bomba, por ejemplo, un valor de 212 kW, ya el motor a esa tensión de 423 volt en sus terminales, comenzaría a tomar una corriente mayor que la nominal (340 ampere) aunque las tensiones entre líneas estuvieran perfectamente balanceados. El valor de 423 volt indica para este sistema normalizado de baja tensión 277/480 volt, trifásico, 4 hilos, una caída de tensión del 9,17 % en las líneas de AT del SEN, es decir para

sistemas por alta de 13,8 kV y 34,5 kV, que son a las que trabajan las estaciones de bombeo del país.

TABLA 5. Valores de aumento de las corrientes balanceadas del motor instalado de 230 kW (factor 1,07), 460 volt, 340 ampere, en diferentes horarios en la EB de la presa Máximo

Carga (kW)	% de Carga	Corriente (ampere)				
		460 volt	450 volt	443 volt	437 volt	423 volt
-	-	0 %	-2,2%	-3,7%	- 5%	- 8%
208	90,4	312,8	319,1	324,3	327,5	338,4
210	91,3	314,8	321,0	326,5	329,6	340,6
212	92,2	316,2	322,5	327,9	331,0	342,1
215	93,5	319,6	326,0	331,4	334,6	345,8
218	94,8	320,6	327,0	332,5	335,6	346,9

TABLA 6. Valores de aumento de las corrientes (balanceadas) de un motor ideal de 236,5 kW (factor 1,10), 460 volt, 349 ampere, en diferentes horarios en la EB de la presa Máximo

Carga (kW)	% de Carga	Corriente (ampere)				
		460 volt	450 volt	443 volt	437 volt	423 volt
-	-	0 %	-2,2%	-3,7%	- 5%	- 8%
208	87,9	314,1	320,4	325,7	328,9	339,9
210	88,8	315,8	322,1	327,4	330,6	341,7
212	89,6	317,6	323,9	329,3	332,5	343,6
215	90,9	321,4	327,8	333,3	336,5	347,8
218	92,1	325,2	331,7	337,2	340,4	352,0

En la tabla 6, que se corresponde con una potencia del motor ideal escogida al 110 % de la potencia con respecto a la carga normal de 208 kW (236,5 kW), puede observarse que la corriente de carga para esa misma situación sería prácticamente la nominal (339,9 ampere), funcionando en una operación inestable aún cuando las tensiones entre líneas estuvieran perfectamente balanceadas. En esta tabla también los valores quedan indicados en negrita y subrayados. Para esa caída real de 423 volt y si el motor tuviera que entregar más potencia a la bomba, por ejemplo, un valor de 218 kW, comenzaría a tomar una corriente de 352 ampere, que es mayor que la nominal de 349 ampere, aunque las tensiones entre líneas estuvieran perfectamente balanceadas.

La tabla 7 corresponde con el motor normalizado escogido después de haber multiplicado al 110 % de la potencia que pide la bomba (208 kW), que según el listado de la tabla 2 le corresponde uno de 250 kW, potencia ésta que a 460 volt tendría una corriente nominal de unos 370 ampere. Es fácil apreciar que este motor bajo las condiciones adversas de 423 volt, trabajaría

satisfactoriamente sin operaciones de las protecciones de sobrecarga, inclusive si hubiera algún desbalance entre las tensiones de línea. Se puede decir que solamente si se aumenta la potencia, el motor trabajaría bien a pesar de estar sometido a una baja tensión de un – 8 %.

TABLA 7. Valores de aumento de las corrientes (balanceadas) de un motor de 250 kW (factor 1,16), 460 volt, 370 ampere, en diferentes horarios en la EB de la presa Máximo

Carga (kW)	% de Carga	Corriente (ampere)				
		460 volt	450 volt	443 volt	437 volt	423 volt
-	-	0 %	-2,2%	-3,7%	- 5%	- 8%
208	83,2	318,9	325,3	330,7	333,8	345,0
210	84,0	320,4	326,8	332,2	335,4	346,7
212	84,8	321,9	328,3	333,8	336,4	348,3
215	86,0	326,5	333,0	338,5	341,8	353,3
218	87,2	331,1	337,7	343,3	346,6	358,2

TABLA 8. Valores de aumento de las corrientes (balanceadas) del motor solicitado de 250 kW (factor 1,16), 440 volt, 380 ampere, en diferentes horarios en la EB de la presa Máximo

Carga (kW)	% de Carga	Corriente (ampere)				
		460 volt	450 volt	443 volt	437 volt	423 volt
-	-	0 %	-2,2%	-3,7%	- 5%	- 8%
208	83,2	333,5	327,6	339,7	342,9	354,4
210	84,0	335,6	329,0	341,1	344,5	356,0
212	84,8	335,6	330,0	342,2	345,5	357,3
215	86,0	342,1	335,4	347,8	351,1	362,9
218	87,2	346,9	340,1	352,7	356,0	368,0

Finalmente, en la tabla 8 se logra representar, para esas mismas condiciones de baja tensión en los terminales, al motor proyectado de 250 kW pero con una tensión de utilización de 440 volt, el cual tendría una corriente nominal aproximada de unos 380 ampere. También es sencillo evaluar que este motor trabajaría satisfactoriamente sin operaciones de las protecciones de sobrecarga, inclusive si hubiera cualquier desbalance entre las tensiones de línea o por cualquier aumento de carga adicionalmente en el eje del motor.

De todas formas debe acotarse que para 208 kW de carga y una tensión de 404 volt, este motor de 440 volt no tomará los 380 ampere nominales en su chapa. Inclusive, para 218 kW de carga, todavía la corriente que toma el motor a esa misma baja tensión extrema de 404 volt, admite un incremento por los desbalances normales que existen casi siempre en las líneas cubanas (y en otros países).

Este valor extremo de 404 volt implicaría para un sistema normalizado de baja tensión 277/480 volt, trifásico, 4 hilos, una caída de tensión poco probable (aunque es posible) en esa línea de 34,5 kV que alimenta a la EB de Máximo, de hasta un -13,3 % (total), y sin embargo con esas condiciones funcionarían satisfactoriamente estos motores sin operaciones en las protecciones de sobre carga.

Cómo actuó la variación de la tensión más el desbalance en las dos estaciones de bombeo

En la EB Máximo: La tensión baja produjo el reforzamiento de las corrientes desbalanceadas. Los relevadores de sobrecarga, ajustados a $I_{nom} = 340$ ampere, operaron más rápido en el hilo con más corriente.

En la EB La California: Las bajadas de tensión reforzaron las corrientes producidas por los desbalances de las tensiones de línea, afectando a los motores al variar su gasto de entrega a uno menor.

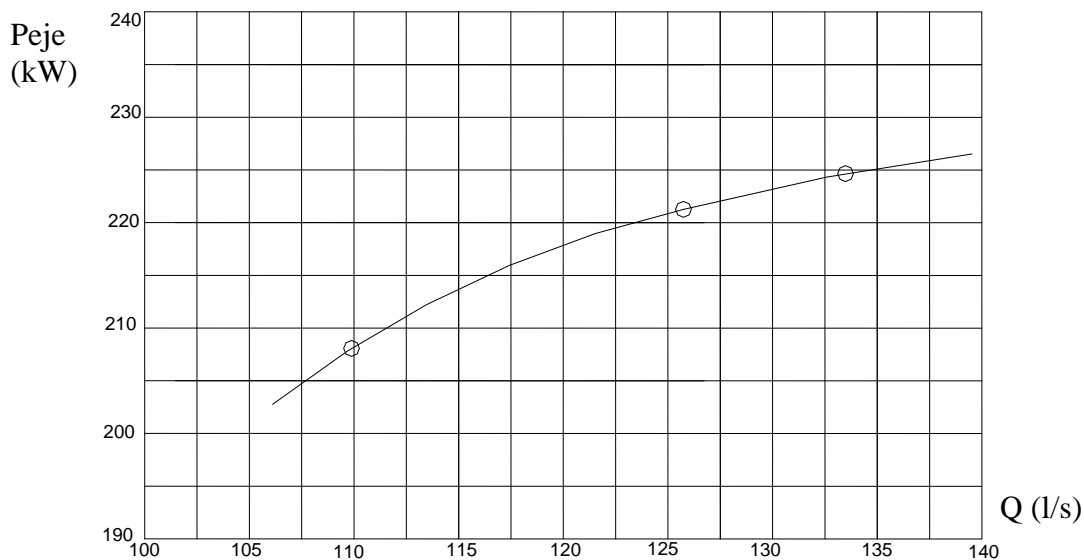


FIGURA 5. Curvas de Potencia vs. Gasto de las bombas centrífugas horizontales multi-etapas de la EB de la presa Máximo

En el caso específico de las bombas centrífugas horizontales empleadas en la EB de Máximo, se advierte que tienen curvas de potencia contra gasto de forma ascendente (figura 5) a medida que aumenta el gasto, donde la potencia de trabajo normal (208 kW para 110 l/s) estará en el centro de la curva de eficiencia, y que si se aumenta el gasto a la derecha el motor se puede sobrecargar porque la potencia que pide la bomba (P_b) sube.

En el caso de Máximo los disparos no son por sobrecarga mecánica en el eje, sino por causa de una de las corrientes desbalanceadas (la más grande) en uno de sus devanados o fases.

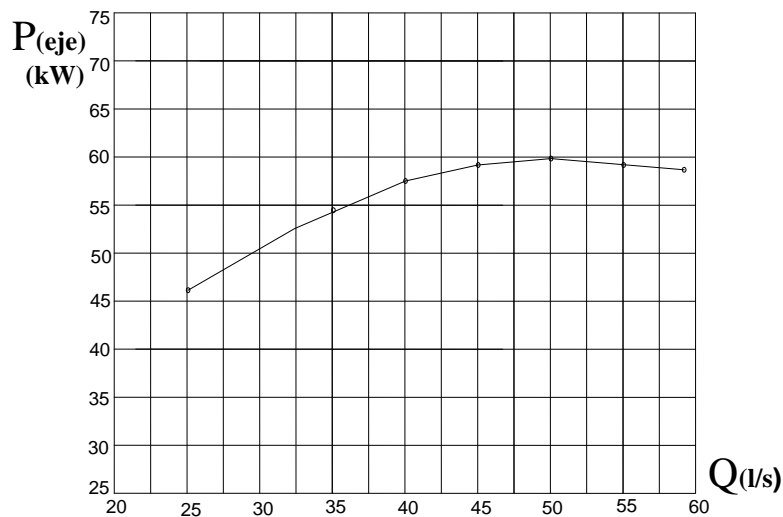


FIGURA 6. Curvas de Potencia vs. Gasto de la bomba sumergible del pozo SN-1, pozos de La California. Motor de 66 kW de potencia

En el caso específico de las bombas sumergibles es conocido que casi siempre tienen curvas de potencia en forma de U invertida, donde la potencia de trabajo normal ($Q = 55$ l/s con una $P_b = 58$ kW, figura 6) estará a la derecha de la misma. Esto hace que cuando se quiera entregar una cantidad de agua menor, porque el pozo lo exige, entonces el punto puede caer en la cresta de la U invertida y no se pudo entregar la potencia que pide la bomba en ese punto (50 l/s con 60 kW) porque las corrientes estaban desbalanceadas, cosa que se puede agravar aún más en los momentos en que la tensión esté por debajo de la nominal.

Si la potencia del motor acompañante hubiera sido de 75 kW (como se pidió) se hubiera tenido un amplio margen de potencia para asimilar la anomalía de los desbalances y hasta la suma de los efectos de una baja tensión extrema en la línea de 13,8 kV del SEN. Sin embargo, con los motores cuyas potencias sobrepasaban a su P_b en un 15 %, como son los dos motores de 30 kW de los pozos 622 y 622-A, cuyas bombas demandaban solamente 26 kW ($30 / 26 = 1,153 \Rightarrow 15,3$ %), no tuvieron problema alguno.

Cálculos de caída de tensión para la instalación eléctrica de la EB de la presa Máximo

Los valores de tensión en diferentes puntos de la instalación, para una regulación natural normal por la línea de alta tensión del 3%, son:

Bornes Transf.: 454,7 volt (por baja)

Barras PGD: 453,4 volt

Bornes motores: 452,6 volt

Valores para una regulación por alta del 5%:

Bornes Transf.: 445,1 volt (por baja)

Barras PGD: 443,7 volt

Bornes motores: 443,0 volt

Valores para una mala regulación extrema por alta del 10%:

Bornes Transf.: 420,3 volt (por baja)

Barras PGD: 419,1 volt

Bornes motores: 418,2 volt

Valores para una muy mala regulación extrema por alta del 13,3 %:

Bornes Transf.: 405,9 volt (por baja)

Barras PGD: 404,7 volt

Bornes motores: 403,8 volt

CONSECUENCIAS DEL CAMBIO DE LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN DE LOS MOTORES

Las variaciones normales que llevan hasta tensiones normales de 440 a 450 volt durante la marcha de las estaciones de bombeo energizadas a sistemas de 277/480 volt en estrella, y de 480 volt en delta, que suministra el país, son muy comunes y también lo son en Máximo. Por lo que al comprarse allí motores de 460 volt se estaba garantizando por siempre un funcionamiento a baja tensión al motor en los horarios picos industriales desde un 450/460 (2,2 %) hasta un 440/460 (4,34 %).

Recordando que: $P \text{ (eje)} = P_2 = 1.732 * V * I * FP * Efic$, entonces se tiene que un decremento de la tensión de un 4,34 % produciría un incremento en la corriente de trabajo del motor de un 5% $\Rightarrow 330 \text{ ampere} * 1,05 \Rightarrow 347 \text{ ampere}$, lo que equivaldría a una operación de la protección de sobrecarga, de acuerdo con la figura 4.

En defensa del 220 volt y 440 volt para los motores de las estaciones de bombeo lejanas de los transformadores de subtransmisión del SEN

Actualmente, para estas estaciones de bombeo, es muy común la adquisición y el uso de motores de 230 y 460 volt para los sistemas a 240 volt y a 480 volt, en los que si no se analiza la situación, entonces se piensa que una diferencia de 10 y 20 volt respectivamente son suficientes para absorber las variaciones de las bajas tensiones normales que se producen en el sistema electroenergético nacional (SEN). Este trabajo sostiene el criterio de que en los proyectos de suministro en Cuba se deben calcular suponiendo siempre un 5 % de variación en las líneas de alta tensión del SEN (13,8 kV y 34,5 kV), de manera tal que permita que los motores disfruten en los momentos picos de consumo una tensión no menor de la nominal que hay que adquirir (Beeman 1955). Si esto no es posible, entonces deberán adquirirse siempre motores a pedido de 440 volt y con la potencia indicada siempre por encima de la potencia requerida por la bomba (Pb) de acuerdo con la tabla 1.

Se está presenciando en Máximo un evento donde se adquirieron los motores acompañantes de las bombas a 460 volt norma IEC-60034-1 (ONC 2011, MIE 1975), y con potencias nominales de sus motores acompañantes por debajo del 10 % por encima de la Pb.

Estos motores, fabricados en serie por los fabricantes europeos de acuerdo con la norma IEC-60034-1, con parámetros de construcción que hacen posible usar un mismo devanado y un mismo núcleo para una misma corriente nominal, parecidos torques y parecidas potencias (ver Tabla 9), se hacen más baratos que si se solicita un motor a pedido de 440 volt y con una potencia específica mayor que la que producen.

TABLA 9. Relaciones de Corriente, Velocidad, Par y Potencia para motores de inducción fabricados bajo la norma IEC-60034-1

Tensión / frecuencia	400 volt - 50 Hz	460 volt - 60 Hz	400 volt - 60 Hz
Intensidad Nominal	I	I	I
Velocidad Nominal	RPM	1.2 * RPM	1.2 * RPM
Par Nominal	T	0,96 * T	0,83 * T
Par Máx. de arranque	Ta	0,92 * Ta	0,7 * Ta
Potencia Nominal	P2	1,5 * P2	P2

Debe aclararse que en las estaciones de bombeo bien diseñadas las caídas en el lado de baja tensión no superan el 3 % - transformador, acometida y cable del motor- para un total de 8%.

Situación que se avecina para los 4 pozos de San Antonio (inversión en construcción)

Potencia calculada: (Pb) = 170 kW

Motor requerido: $P_m = 170 \times 1,1 = 187$ kW

Motor normalizado: 200 kW

Motor requerido: $P_m = 170 \times 1,15 = 195$ kW

Motor propuesto: $P_{nom} = 185$ kW (8,8%) !

Motor pedido por los proyectistas para cada pozo: $P_{nom} = 200$ kW, 440V

CONCLUSIONES

Como primera conclusión, existen cuatro factores que inciden en esta problemática:

1. desbalance normal de las líneas
2. disminución de la tensión por debajo de la nominal
3. compra de motores con poca potencia
4. compra inadecuada con respecto a la tensión nominal

En donde quizás la presencia de uno de ellos de manera independiente no ofrezca mayores peligros al trabajo estable de la bomba, pero que al unirse los cuatro, sus efectos perniciosos se suman con un resultado final de paradas frecuentes muy antieconómicas para la instalación o el proceso, debido al aumento excesivo de corriente en una de las tres fases, recalentando el devanado y haciendo que operen las protecciones innecesariamente.

Se puede observar también (aclarando) que si los puntos 3 y 4 se hacen correctamente, los números 1 y 2 no podrían afectar a los motores, por lo que es necesario insistir en que se haga lo calculado por los proyectistas hidráulicos y que se respeten los parámetros de potencia y de la tensión de utilización de la solicitud de oferta.

A base de todo lo anterior, se proponen las medidas siguientes para erradicar los problemas que se presentan en estos motores conectados en lugares distantes de las subestaciones de subtransmisión del sistema electroenergético nacional (SEN):

- Y Se propone que los proyectistas de la parte tecnológica empleen un factor mayor de cálculo para motores de más de 40 kW, que pudiera ser de 1,12 a 1,15 como mínimo.
- Y Que los proyectistas e inversionistas exijan que se adquiera el motor acompañante de la bomba que se pide en la solicitud de oferta, no el que proponga el propio fabricante de la bomba.
- Y Divulgar esta situación a los organismos encargados de las compras en el exterior, donde el entendible deseo de ahorrarle divisas al país, comprando motores más pequeños (más baratos), puede conducir a una situación de deficiente operación de los equipos, no solamente en las estaciones de bombeo.

Todos estos problemas pueden aparecer también en otros objetivos industriales rurales lejanos usando motores de 230 y 460 volt, como pueden ser los molinos de piedra, areneras, centros de acopio, fábricas o envasaderos de productos agrícolas, centros beneficiadores de la pesca en pueblos lejanos en la costa, etc. Por supuesto que desaparecerán si los objetivos industriales de cualquier tipo están relativamente cerca de los transformadores de subtransmisión, como puede ser un hospital dentro de una ciudad, una fábrica dentro o cercana de la ciudad, una potabilizadora de agua para una ciudad o pueblo importante, etc., que son alimentados de subestaciones grandes del SEN con líneas no mayores de 5 km. Ahí los problemas acotados de potencia y tensión de utilización serían siempre inocuos.

REFERENCIAS

- Amador, J. L.** (2007). “Algunas consideraciones acerca de la selección de las potencias y de las tensiones nominales de utilización de los motores eléctricos de inducción”, II Convención de la Ingeniería en Cuba, UNAICC. Varadero, Cuba.
- Beeman, D.** (1955). “Industrial Power System Handbook”, pp. 202-206, 214-215. McGraw-Hill. New York. USA.
- Citel** (2003). “Catálogo General de supresores de picos”. Disponible en <http://www.pararrayossupresores.com.mx>.
- MIE** (1975). “Ley 1287 del Servicio Eléctrico”, pp. 3, Ministerio de la Industria Eléctrica, La Habana, Cuba.
- ONC** (2011). “Tensiones normalizadas NC-365”, pp. 6-7, Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.