

Recomendaciones para el Ahorro de Energía en Motores Eléctricos

Por Ing. Eduardo Pincolini

Introducción

Alrededor del 70% del consumo de la energía eléctrica generada se debe al funcionamiento de los Motores Eléctricos. Incontables ejemplos de su aplicación, se tienen en la industria, el comercio, los servicios y el hogar.

Es significativo el hecho de que los motores eléctricos, suministran en su mayor parte, la energía que mueve los accionamientos industriales, por lo que la operación y conservación de los motores en la industria, representa uno de los campos más fértiles de oportunidades en el ahorro de energía, que se traducen en una reducción en los costos de producción y en una mayor competitividad.

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los motores. Siempre hay uno adecuado a las necesidades que se tienen, tanto en lo que respecta a su tipo por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, así como por su tamaño o potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

¿Qué es la eficiencia en un motor?

La eficiencia o rendimiento de un motor eléctrico es una medida de su habilidad para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea, en potencia mecánica útil. Se expresa usualmente en porciento de la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica, esto es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia mecánica}}{\text{Potencia eléctrica}} \times 100$$

No toda la energía eléctrica que un motor recibe, se convierte en energía mecánica. En el proceso de conversión, se presentan pérdidas, por lo que la eficiencia nunca será del 100%. Si las condiciones de operación de un motor son incorrectas o este tiene algún desperfecto, la magnitud de las pérdidas, puede superar con mucho las de diseño, con la consecuente disminución de la eficiencia.

Para calcular la eficiencia, las unidades de las potencias deben ser iguales. Como la potencia eléctrica se expresa usualmente en kilowatts (KW) en tanto que la potencia mecánica en caballos de potencia (CP o HP), las siguientes equivalencias son útiles para la conversión de unidades:

$$1 \text{ HP} = 0.736 \text{ KW}$$

$$1 \text{ KW} = 1.34 \text{ HP}$$

Si un motor de 100 HP toma de la línea 87.76 kw:

a. Potencia mecánica = $100 \times 0.736 = 73.6 \text{ Kw}$

b. Eficiencia = $\frac{73.6}{87.76} \times 100 = 84 \%$

c. Pérdidas = $87.76 - 73.6 = 14.16 \text{ kW}$

Esto es, el motor convierte casi el 84 % de su energía eléctrica en mecánica, perdiendo el 16 % en el proceso de conversión. En términos prácticos, se consume (y se paga) inútilmente la energía utilizada para hacer funcionar al motor.

Emplear motores de mayor eficiencia, reduce las pérdidas y los costos de operación. Por ejemplo si el motor anterior se sustituyera por otro con una eficiencia del 90%, la potencia ahorrada (PA) se puede calcular aplicando la siguiente ecuación:

$$PA(\text{Kw}) = 0.736 \times CP \left(\frac{100}{E1} - \frac{100}{E2} \right)$$

Donde:

0.736 = Factor de conversión de CP a kW

HP = Caballos de potencia

E1 = Eficiencia del motor de rendimiento menor

E2 = Eficiencia del motor de rendimiento mayor

$$PA (\text{Kw}) = 0.736 \times 100 \left(\frac{100}{85} - \frac{100}{90} \right) = 4.77 \text{ Kw}$$

Suponga que ambos motores trabajarán 12 horas diarias, 5 días de la semana y 50 semanas por año, que equivalen a 3000 horas al año. La energía ahorrada anualmente equivale a:

$$3000 \text{ horas} \times 4.77 = 14.310 \text{ KWh}$$

Como ejercicio multiplíquese esta cantidad de KWh por el costo de la tarifa que corresponda al servicio que usted tenga y obtendrá el ahorro monetario por utilizar el motor de mayor eficiencia.

Un motor bien diseñado puede tener un precio de compra elevado, pero generalmente tendrá una mayor eficiencia que el de motores de procedencia ignorada.

Los incrementos que han experimentado el costo de los energéticos a nivel mundial, han orientado a los fabricantes de motores a lograr principalmente motores de **alta eficiencia**, con rendimientos de hasta un **96%** y cuyo costo adicional sobre los convencionales se puede pagar rápidamente con los ahorros que se tienen en el consumo. Vale la pena considerar su utilización.

Cuidado con las reparaciones

La reparación inadecuada de un motor puede ocasionar un incremento en las pérdidas y adicionalmente en los motores de corriente alterna, la reducción del factor de potencia. Todo esto conduce a una disminución de su eficiencia.

Por ejemplo un motor que sufrió un desperfecto en su devanado y que por ello hay que rebobinarlo, puede disminuir su eficiencia considerablemente, si durante el proceso de reparación se presenta:

- Calentamiento desmedido del hierro al quitar el devanado
- Daños en las ranuras al quitar el devanado dañado y montar el nuevo
- Diferente calidad y calibre del alambre
- Diferente número de vueltas
- Daños a los cojinetes y mal alineamiento
- Mayor tiempo de secado final

Por esto es importante que cuando un motor sea reparado, los trabajos los efectúe personal calificado para garantizar que la compostura sea realizada correctamente y que los materiales empleados sean de calidad igualo superior a los originales.

La misma atención se debe prestar a las partes eléctricas del motor, como a los componentes mecánicos, tales como los cojinetes, el eje y el sistema de ventilación o enfriamiento. Con frecuencia los daños que sufren los devanados tienen su origen en desperfectos mecánicos.

Un motor mal reparado al ser instalado nuevamente, gastará más energía que antes. Cuando los daños sean mayores puede resultar más económico sustituir un motor que componerlo. Evalúe técnica y económicamente la posibilidad de hacerlo y si lo decide, utilice motores de **alta eficiencia**.

Motores eléctricos y el factor de potencia

Los motores de inducción por su simplicidad de construcción, su velocidad prácticamente constante, su robustez y su costo relativamente bajo, son los motores más utilizados en la industria. Sin embargo, tienen el inconveniente de que aún en óptimas condiciones, consumen potencia reactiva (kVAR) por lo que son una de las causas principales del bajo factor de potencia en las instalaciones industriales.

El factor de potencia es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Se puede definir como el porciento de la relación de la potencia activa (kW) y la potencia aparente o total (kVA).

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Kw (Pact)}}{\text{KVA (Pap)}} \times 100$$

Un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización del sistema eléctrico. Por esta razón en las tarifas eléctricas, se ofrece una reducción en las facturas de electricidad en instalaciones con un factor de potencia mayor del 90% y también se imponen cuotas a manera de multas si el factor de potencia es menor que la cifra señalada.

Un usuario operando con un factor de potencia de 80%, valor que se encuentra con frecuencia en instalaciones industriales, tiene que pagar un recargo del 7.5% sobre el monto de su cuenta de electricidad, recargo que puede alcanzar la cantidad de 120%, en el caso extremo de tener un factor de potencia del 30%.

Ya que los motores de inducción son una de las causas principales del bajo factor de potencia se pueden tomar las siguientes medidas con respecto a éstos para corregirlo:

- Selección justa del tipo, potencia y velocidad de los motores que se instalan
- Empleo de motores trifásicos en lugar de monofásicos
- Aumento de la carga de los motores a su potencia nominal (evitar sobredimensionamiento del motor)
- Evitar el trabajo prolongado en vacío de los motores
- Reparación correcta y de alta calidad de los motores
- Instalación de capacitores en los circuitos con mayor número de motores o en los motores de mayor capacidad

Corregir el bajo FP en una instalación es un buen negocio, no sólo porque se evitarán los cargos en la facturación que esto origina sino porque los equipos operan más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía.

Administración de la demanda

Las tarifas eléctricas para la industria, además del cargo por consumo de energía (kWh), hacen un cargo por demanda máxima (kW), que es importante en la facturación. La demanda es registrada por un medidor conforme a la potencia de todos los motores, lámparas y otros aparatos eléctricos, funcionando simultáneamente durante un lapso de 15 minutos.

Evitar el arranque y la operación simultánea de los motores y otros equipos eléctricos sobre todo en el período de punta, lo que se traduce en ahorros significativos en monto de facturación. Por ejemplo considérese una instalación con una demanda de 700 kW que incluye la potencia de un grupo de motores de 50 CP que toman de la red 41 kW cada uno. Si este grupo de motores pudiera ser operado fuera del período de demanda máxima, el valor de la demanda se reduciría en casi 6%, lo cual representa una sensible reducción en el monto de facturación eléctrica.

Otra opción es la de extender los turnos de trabajo, repartiendo la operación de los motores y otros equipos en más horas de labores, fuera del período de punta.

Los cargos por consumo de energía eléctrica pueden ser prácticamente iguales pero por demanda máxima pueden reducirse de manera importante.

Motive al personal a ahorrar

Ahorrar energía es tarea de todos y de todos los días. Porque de no hacerlo quizás mañana ya no exista energía que ahorrar. Los resultados que se obtengan de cada empresa, en cada hogar, con cada usuario, contribuirán a asegurar un mejor futuro, particular y colectivo.

Establezca una campaña permanente de ahorro de energía en sus instalaciones, dentro de la cual es fundamental concientizar a su personal. MotíVELO a que participe activamente y tome en cuenta sus opiniones y sugerencias. Muchas de ellas pueden representar verdaderas oportunidades de ahorro.

Un ejemplo de área de oportunidad

Como se ha mencionado, los mayores ahorros de energía se obtienen cuando el motor y su carga trabajan a su máxima eficiencia. Un ejemplo que presenta buenas oportunidades de ahorro, se tiene en los equipos de aire comprimido.

Las fugas de aire en uniones de tuberías y mangueras, válvulas de seguridad de los depósitos acumuladores, válvulas de corte (que hacen mal cierre) herramientas neumáticas y otros equipos, representan pérdidas de hasta un 50 % en instalaciones descuidadas; constituyen una carga inútil del motor y un desperdicio de energía, que puede reducirse notoriamente, mediante la corrección y sellado sistemático de los puntos de escape.

Es primordial que la potencia del motor acoplado al equipo de compresión de aire corresponda a la potencia requerida por éste. La eficiencia cae bruscamente para cargas reducidas o cuando trabaja sobrecargado. Además un motor de inducción sobredimensionado, demandará una mayor potencia reactiva con la consiguiente disminución del factor de potencia.

Recomendaciones generales para el ahorro de energía en Motores Eléctricos

1. Elegir correctamente la potencia del motor. El rendimiento máximo se obtiene cuando éste opera entre el 75% y el 95% de su potencia nominal y cae bruscamente para **cargas reducidas** o cuando trabaja **sobrecargado**. Adicionalmente los motores de inducción a cargas bajas o en vacío tienen un factor de potencia muy bajo.
2. Seleccionar el motor de acuerdo con su ciclo de trabajo. Operar un motor para servicio continuo, en accionamientos de operación intermitente, con frecuentes arranques y paros, ocasiona una depreciación de sus características de operación y eficiencia. Además de que se puede dañar el aislamiento de los devanados por la elevación de la temperatura.
3. Seleccionar el armazón del motor, de acuerdo con el ambiente en que va a estar trabajando. Los motores abiertos son más sencillos y por lo tanto menos costosos, además de operar con mayor factor de potencia. Sin embargo, en condiciones adversas del medio, los motores cerrados serán los indicados.
4. Seleccionar correctamente la velocidad del motor. Si la carga lo permite prefiera motores de alta velocidad, son más eficientes y si se trata de motores de corriente alterna, trabajan con un mejor factor de potencia.
5. Utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3 a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente.
6. Utilizar motores síncronos en lugar de motores de inducción. Cuando se requieren motores de gran potencia y baja velocidad la elección de un motor síncrono debe ser considerada.
7. Compare en costo con uno de inducción de características similares, su eficiencia es de 1 al 3% mayor, su velocidad es constante y contribuye a mejorar el factor de potencia de la instalación.

8. Sustituir los motores antiguos o de uso intenso. Los costos de operación y mantenimiento de motores viejos o de motores que por su uso han depreciado sus características de operación, pueden justificar su sustitución por motores normalizados y de alta eficiencia.
9. Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los motores y su carga. Las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas en su capítulo referente a motores, y las recomendaciones de los fabricantes son consulta obligada para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos.
10. Realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores. Una conexión defectuosa o la ausencia de ésta, puede poner en peligro la vida de los operarios si se presenta una falla a tierra. Además de ocasionar corrientes de fuga que no son liberadas por el equipo de protección con un dispendio de energía.
11. Evitar concentrar motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación. Un sobrecalentamiento del motor se traduce en una disminución de su eficiencia.
12. Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en las terminales del motor, acarrea entre otros, un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída máxima del 3% (o del 5% en la combinación de alimentador y circuito derivado) pero es recomendable que no rebase el 1%.
13. Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe excederse en ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operan con mayor eficiencia.
14. Compensar la energía reactiva demandada por los motores de corriente alterna más importantes o con mayor número de horas de funcionamiento, mejorando el factor de potencia de la instalación, con lo que se reducen las pérdidas de la potencia y de la tensión en los conductores.
15. Procurar que los motores síncronos funcionen con un factor de potencia cercano a la unidad, para mejorar el factor de potencia de la instalación.
16. Evitar hasta donde sea posible el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
17. Utilizar arrancadores a tensión reducida, en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita un calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.
18. Utilizar arrancadores estrella-triángulo o de devanado partido, como alternativa de los arrancadores a tensión reducida cuando la carga impulsada no requiera de alto par de arranque. Son más económicos y eficientes en términos de energía, pero tienen el inconveniente de que el par de arranque se reduce notoriamente.
19. Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes. En las resistencias se llega a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.
20. Instalar arrancadores electrónicos en lugar de los reóstatos convencionales para el arranque de los motores de corriente directa. Permiten una mayor eficiencia en el arranque con el consiguiente ahorro de energía.
21. Sustituir motores con engranes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor, por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos.
22. Instalar motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos, en aquellos accionamientos, en donde la carga sea variable y se pueda controlar ajustando la velocidad. Por ejemplo en sistemas de bombeo o compresión que deben suministrar caudales variables y que para hacerlo utilicen válvulas u

otros dispositivos de control. La eficiencia total del motor y su carga se eleva notablemente con ahorros importantes de energía.

23. Evaluar la posibilidad de conectar la ventilación solamente durante las bajas velocidades, en aquellos motores de velocidad ajustable y ventilación separada provista por equipos auxiliares. Con esto se puede reducir el consumo de energía en el sistema de ventilación.
24. Preferir el acoplamiento individual, en accionamientos con un grupo de motores, así se consigue mejor que cada motor trabaje lo más cerca posible de su máxima carga.
25. Acoplar directamente el motor a la carga siempre que el accionamiento lo permita. Con esto se evitan pérdidas en el mecanismo de transmisión.
26. Instalar acoplamientos flexibles en aquellos motores sometidos a un número elevado de arranques súbitos. Con esto se pueden atenuar los efectos de una alineación defectuosa, reducir los esfuerzos de torsión en la flecha del motor y disminuir las pérdidas por fricción.
27. Instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.
28. Mantener en buen estado y correctamente ajustados los equipos de protección contra sobrecalentamientos o sobrecargas en los motores. Los protegen de daños mayores y evitan que operen con baja eficiencia.
29. Revisar periódicamente las conexiones del motor, junto con las de su arrancador y demás accesorios. Conexiones flojas o mal realizadas con frecuencia originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.
30. Mantener en buen estado los porta-escobillas, escobillas, conmutadores y anillos colectores en motores de corriente directa, síncronos y de rotor devanado. Un asentamiento incorrecto de las escobillas sobre el conmutador en los anillos colectores, provoca sobrecalentamientos y pérdidas de energía.
31. Mantener bien ajustado y en óptimas condiciones el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio que se emplea para desconectar el devanado de arranque (y el condensador en los motores de arranque por condensador) provoca un sobrecalentamiento en los conductores con una pérdida de energía y en caso extremo la falla del motor.
32. Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobrecalentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.
33. Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.
34. Reparar o cambiar los ejes del motor y de la transmisión, si se han doblado por sobrecarga o por mal uso. Un eje en mal estado incrementa las pérdidas por fricción y puede ocasionar daños severos sobre todo en los cojinetes del motor.
35. Mantener en buen estado los medios de transmisión entre el motor y la carga, tales como: poleas, engranes, bandas y cadenas. Si estos no se encuentran en condiciones apropiadas o su instalación es incorrecta, pueden ocasionar daños importantes, además de representar una carga inútil para el motor.
36. Mantener en óptimas condiciones los cojinetes del motor. Una cantidad considerable de energía se pierde en cojinetes en mal estado o si su lubricación es inadecuada (insuficiente o excesiva). Repárelos o sustitúyalos si tienen algún desperfecto y siga las instrucciones del fabricante para lograr una correcta lubricación.

37. Realizar la inspección periódica del motor, incluyendo lecturas de corriente, potencia (kW), velocidad (rpm), resistencia de aislamiento, etc., con objeto de verificar si se mantienen en condiciones apropiadas de funcionamiento y eficiencia, y poder tomar acciones correctivas, cuando se requieran.
38. Efectuar rutinariamente la limpieza del motor, con el propósito de eliminar la suciedad, el polvo y objetos extraños, que impidan su óptimo funcionamiento. La regularidad con que ésta se realice dependerá de las condiciones en las que el motor este trabajando, pero es recomendable desmontarlo al menos una vez al año para realizar la limpieza completa de todos sus componentes.
39. Mantener actualizados los manuales de operación de los motores, incorporando en éstos las modificaciones que tengan lugar.
40. Colocar carteles con instrucciones concretas para los operarios, con la finalidad de que los motores operen con la mayor seguridad y eficiencia.

ATENCIÓN: Es conveniente contar con un especialista que supervise los trabajos de instalación, reparación y operación de los motores y así lograr su óptimo funcionamiento.

Ing. Eduardo Pincolini es un Dinámico consultor de Empresas, que venden servicios o producen insumos, ayudándolas a mejorar sus instalaciones, en forma global.

Una de sus especialidades es el tema Eléctrico & Energético

Sus artículos y asesoramientos han hecho tomar conciencia de algunos Costos Improductivos que por supuesto se pueden detectar para luego evitar, lo cual redundará a la postre en un ahorro de dinero.

Sus artículos aparecen en revistas Técnicas de Argentina.