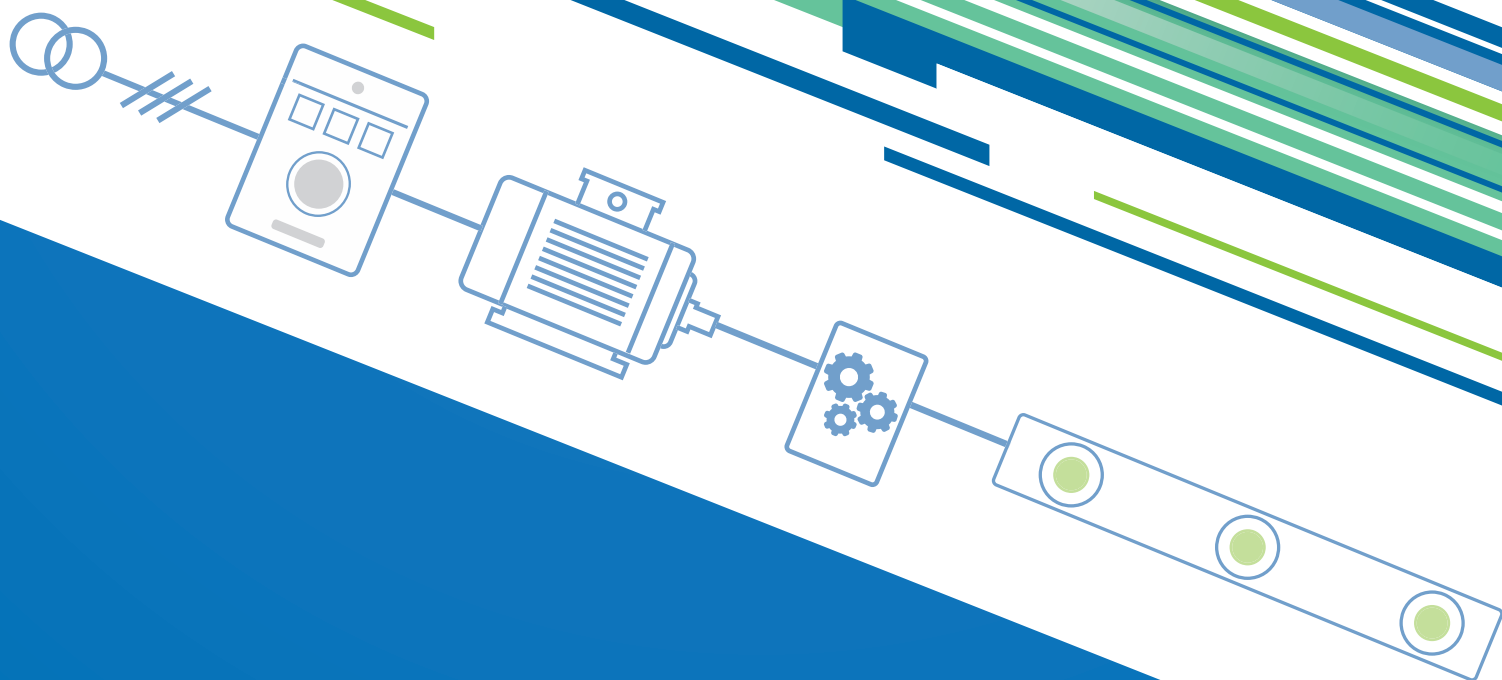
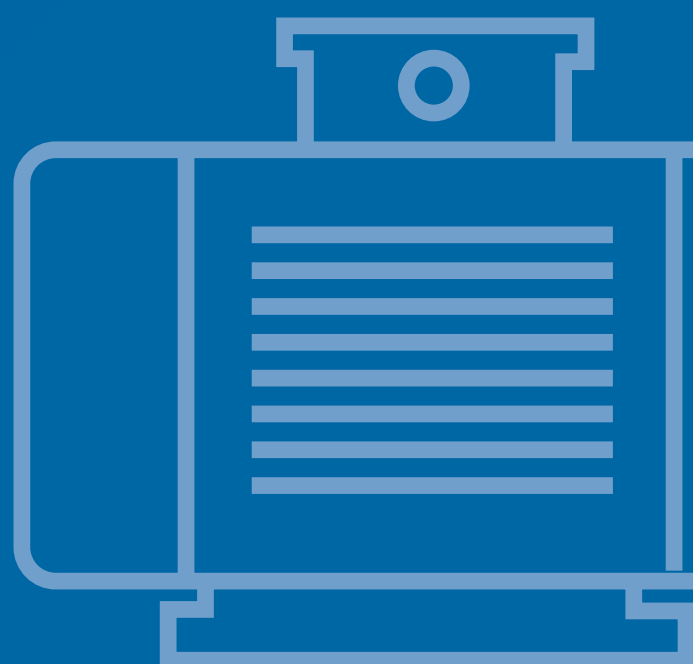


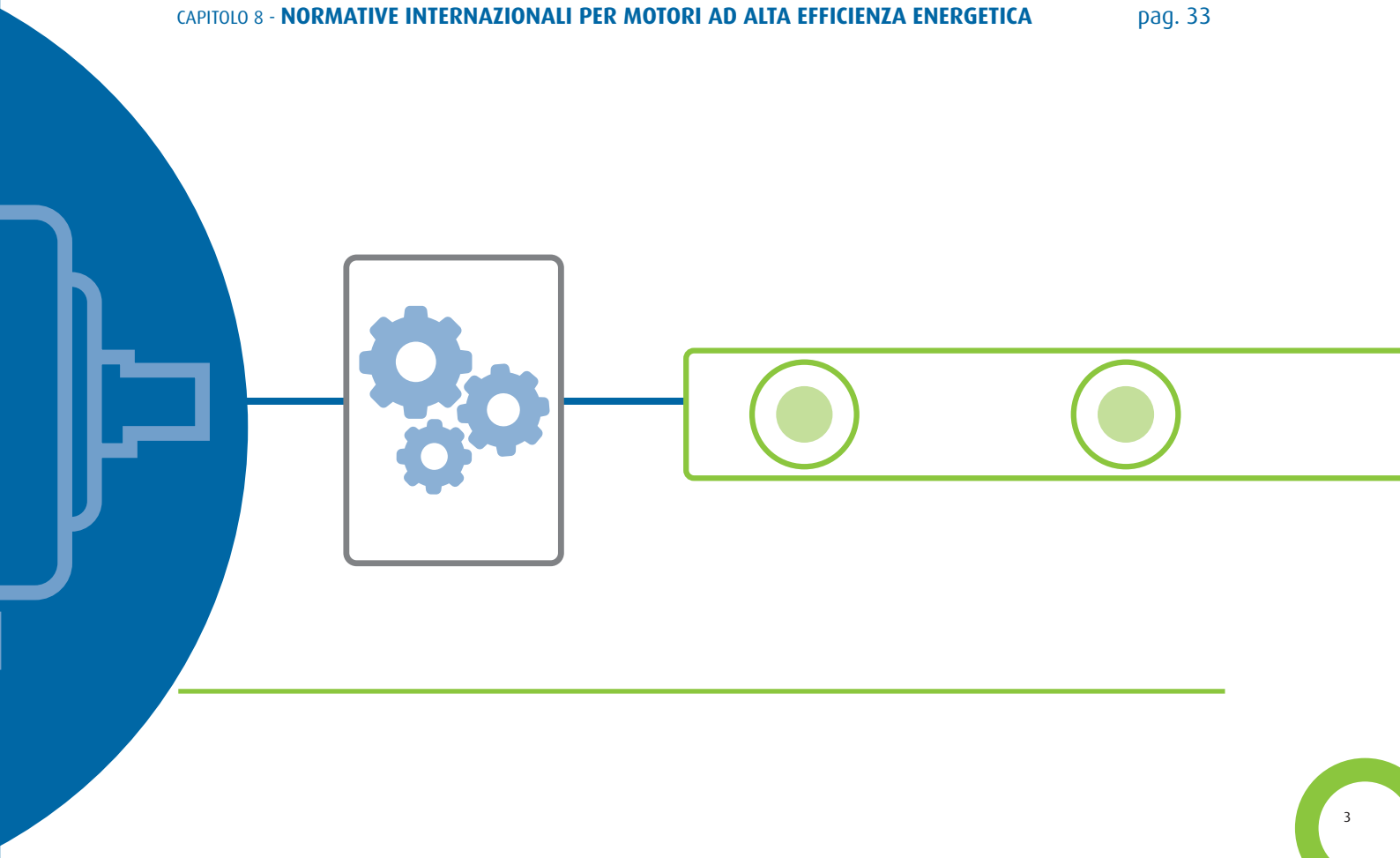
Guida Tecnica Sistemi *di* azionamento *per* l'efficienza energetica

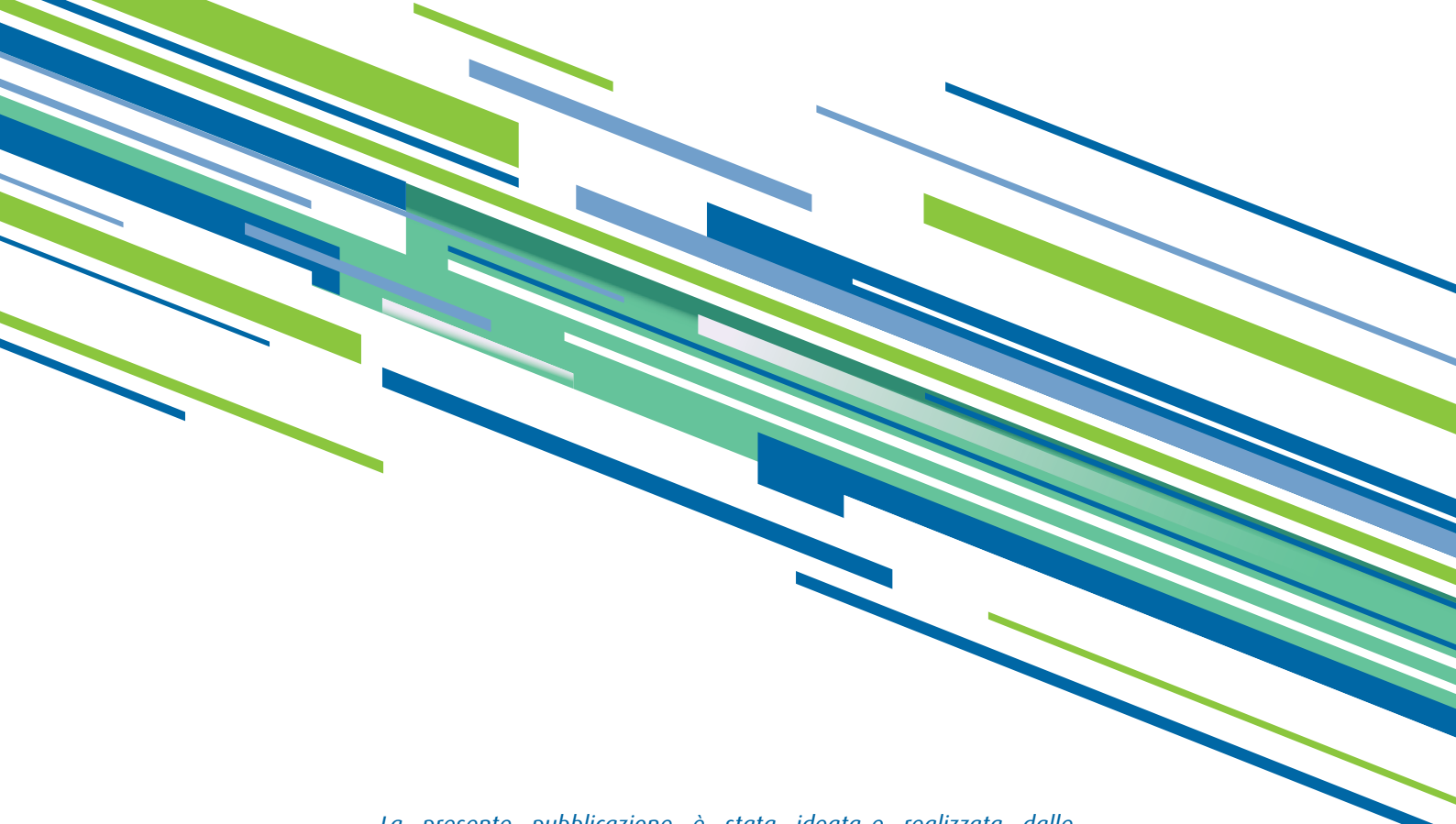




Indice

CAPITOLO 1 - EFFICIENZA ENERGETICA: UN'OPPORTUNITÀ FUTURA PER IL SETTORE INDUSTRIALE	pag. 7
CAPITOLO 2 - DALLA RETE ALLA MACCHINA: L'EFFICIENZA ENERGETICA NEI SISTEMI DI AZIONAMENTO	pag. 8
CAPITOLO 3 - NORME E LINEE GUIDA	pag.14
CAPITOLO 4 - IL REGOLAMENTO UE PER I MOTORI: COSA SERVE SAPERE	pag. 22
CAPITOLO 5 - ANALISI DEL CICLO DI VITA: QUANDO L'EFFICIENZA ENERGETICA PAGA	pag. 25
CAPITOLO 6 - ASPETTATIVE PER IL 2020	pag. 27
CAPITOLO 7 - ESEMPI DI APPLICAZIONE CON POTENZIALI RISPARMI	pag. 29
CAPITOLO 8 - NORMATIVE INTERNAZIONALI PER MOTORI AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA	pag. 33





La presente pubblicazione è stata ideata e realizzata dalle aziende del settore “Motori Elettrici” e “Azionamenti Elettrici” delle Associazioni ANIE Energia e ANIE Automazione.

Obiettivo della guida è fornire ai produttori delle tecnologie e ai loro principali clienti sulla filiera: progettisti, installatori, costruttori di macchine e utilizzatori finali, un aggiornamento sulla normativa e sulle tecnologie dei sistemi di azionamento al fine di ottenere risultati sempre migliori in termini di efficienza energetica.

La guida contiene inoltre approfondimenti sulle Direttive e sulle Norme internazionali, alcune considerazioni sugli sviluppi al 2020 oltre a una serie di esempi pratici relativi ad applicazioni ad alto potenziale di efficientamento.





Ad **ANIE Automazione** aderiscono le imprese, piccole medie e grandi, produttrici di beni e di servizi operanti nel campo dell'automazione dell'industria manifatturiera, di processo e delle reti di pubblica utilità. L'Associazione è parte di Federazione ANIE che, all'interno del sistema Confindustriale, rappresenta le aziende del settore elettronico ed elettrotecnico.

ANIE Automazione tutela gli interessi delle imprese associate nelle opportune sedi politiche, legislative e normative; promuove la diffusione della conoscenza delle tecnologie rappresentate e la visibilità del settore nel più ampio contesto economico; fornisce un servizio di informazione e assistenza sui temi strategici di interesse.

Nell'ambito di ANIE Automazione opera il Gruppo Azionamenti Elettrici che riunisce le principali aziende del settore dei convertitori per motori a corrente continua e alternata, dei servomotori e dei motori brushless, con una copertura complessiva pari all'80% del mercato italiano. Tra le principali attività del Gruppo, si segnalano le iniziative volte alla promozione della cultura dell'efficienza energetica e dell'innovazione tecnologica; il costante monitoraggio degli aspetti tecnico-normativi e dell'evoluzione del mercato sia nazionale che europeo.



ANIE Energia è parte di Federazione ANIE, la Federazione di Confindustria che rappresenta le imprese elettrotecniche ed elettroniche, settori tra i più strategici ed avanzati nel panorama industriale nazionale.

Essa rappresenta le aziende che producono, distribuiscono ed installano apparecchiature, componenti e sistemi per la Generazione, Trasmissione e Distribuzione di energia elettrica per il suo utilizzo nelle applicazioni industriali e civili. ANIE Energia favorisce l'evoluzione del mercato, tutela gli interessi delle aziende associate nelle sedi istituzionali, politiche ed economiche nazionali ed internazionali e promuove lo sviluppo delle tematiche normative, legislative e tecniche del settore energetico. Nel settore delle Apparecchiature e Componenti per l'utilizzo dell'Energia trova collocazione il Gruppo Motori al quale aderiscono le più importanti e qualificate aziende del panorama nazionale, che ricoprono circa l'80% del mercato italiano.



Il **CEMEP** (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics/Comitato europeo costruttori macchine elettriche ed elettronica di potenza) rappresenta un'industria con un valore di mercato di 6,3 miliardi di € e 130.000 dipendenti. I membri del CEMEP sono le associazioni nazionali europee che rappresentano i produttori di motori elettrici, azionamenti a velocità variabile e gruppi statici di continuità.

Questa organizzazione permette all'industria di coordinare le azioni a livello europeo, con i seguenti principali argomenti: evoluzione del mercato, normalizzazione, regolamentazione, promozione e collegamento con altri gruppi di prodotti e professionali.

L'obiettivo del CEMEP è promuovere e supportare gli interessi tecnici, industriali, economici, ambientali e politici comuni delle industrie europee dei motori, degli azionamenti a velocità variabile e dei gruppi statici di continuità (prodotti, sistemi e assemblaggi).



CAPITOLO 1

EFFICIENZA ENERGETICA: UN'OPPORTUNITÀ FUTURA PER IL SETTORE INDUSTRIALE

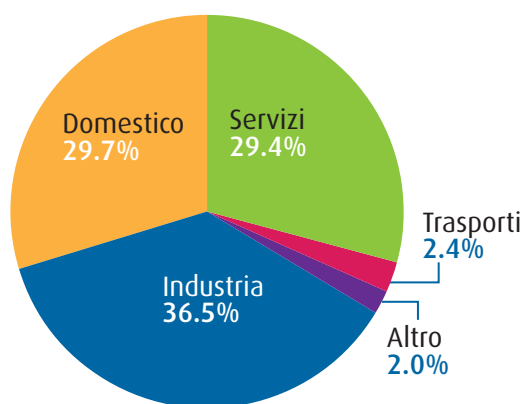
I cambiamenti climatici, l'esaurimento delle risorse naturali e il continuo aumento dei costi energetici necessitano una serie di azioni volte a realizzare efficienza energetica. Il suo potenziale deve essere ancora sfruttato e potenziato. Specialmente nel settore industriale, sono necessarie nuove azioni imposte dai crescenti costi energetici, ora che alcuni tra gli obiettivi più facilmente raggiungibili sono già stati completati. Oggi gli obiettivi da raggiungere sono quelli che necessitano azioni più ambiziose, specialmente nel settore industriale dove si riscontrano costi dell'energia in aumento. Considerando un prezzo industriale dell'elettricità di 9€ cent/kWh¹ e una tendenza generale dei prezzi dell'elettricità ad aumentare, senza dubbio sono da auspicare nuove iniziative che ripagherebbero gli investimenti. Le aziende interessate dovranno pertanto assumersi le loro responsabilità sociali nei confronti dell'ambiente e delle generazioni future.

Rilevanti vantaggi macro-economici dell'efficienza energetica in Europa

Nel 2010, il settore industriale è stato il principale consumatore di energia in Europa, rappresentando il 36,5% del consumo totale (Fig. 1), una quota equivalente a 1.036 TWh (1.036 miliardi di kWh)².

Quasi due terzi di questo consumo, 650 TWh, è attribuibile al consumo energetico dei motori elettrici e dei sistemi ad azionamento elettrico³. Nel settore terziario, incluso nella voce servizi in Fig. 1, il consumo di elettricità dei sistemi a motore è pari circa a 200 TWh⁴.

Figura 1. Consumo di elettricità per settore in Europa (2010) - Consumo di energia finale = 244 Mtoe (2.837 TWh)



Fonte: Commissione europea, DG Energy/Eurostat

In Europa, il potenziale di risparmio legato ai sistemi di azionamento è pari a circa 89 TWh. Questo potenziale equivale, annualmente, a circa 8 miliardi di euro di risparmio sui costi energetici: 72 TWh possono essere risparmiati utilizzando azionamenti a velocità variabile e 17 TWh ricorrendo a motori a risparmio energetico.

I settori industriale e terziario, tuttavia, impiegano ancora una percentuale elevata di motori con classi di efficienza basse e gli operatori non sono spesso a conoscenza dei risparmi consentiti dai controlli a velocità variabile in talune applicazioni. L'obiettivo, quindi, è di sostituire rapidamente i componenti superati e utilizzare soluzioni più moderne ed efficienti.

1. Eurostat, giugno 2014

2. Mercati energetici nella UE, Commissione europea, DG Energia/Eurostat

3. Bauernhansel, Mandel, Wahren, Kasprowicz, & Miehe, Energieeffizienz in Deutschland, maggio 2013

4. Rapporto finale sui motori elettrici del lotto 11 della Direttiva EUP

CAPITOLO 2

DALLA RETE ALLA MACCHINA: L'EFFICIENZA ENERGETICA NEI SISTEMI DI AZIONAMENTO

I potenziali risparmi energetici consentiti dai sistemi di azionamento elettrici ammontano circa al 40% attraverso l'ottimizzazione dei sistemi nel loro complesso (10% da un maggiore ricorso ai motori a risparmio energetico, 30% dal controllo elettronico della velocità). I loro componenti essenziali (quadro di comando o azionamento a velocità variabile, motore elettrico e riduttore), quindi, meritano particolare attenzione. Circa il 60% dei risparmi energetici potenziali può essere ottenuto attraverso l'ottimizzazione dei sistemi meccanici della macchina stessa (ottimizzando la geometria della girante della pompa, l'angolazione delle pale del ventilatore, ecc.). La presente brochure si concentra su altri potenziali risparmi ottenibili in sede di progettazione dei sistemi di azionamento elettrici. Anche questi risparmi sono piuttosto significativi e ammontano al 40% del potenziale totale (Fig. 2).

Figura 2. Potenziali risparmi dai sistemi azionati elettricamente

Potenziali risparmi da sistemi azionati elettricamente	Potenziali risparmi in %
1. Maggiore ricorso a motori a risparmio energetico	10%
2. Controllo elettronico della velocità	30%
3. Ottimizzazione dei sistemi meccanici	60%
Totale	100%

Fonte: Rapporti sui risparmi dell'UE

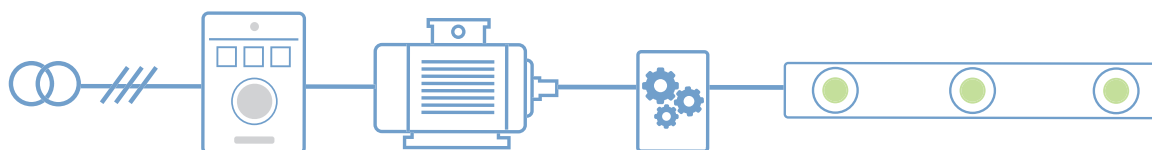
Focalizzazione sul gruppo di azionamento completo

I sistemi di azionamento elettrici sono costituiti essenzialmente dai seguenti componenti:

- un dispositivo per il controllo dei motori dalla rete elettrica, generalmente un teleruttore;
- un avviatore statico o un azionamento a velocità variabile;
- un motore elettrico che converte la potenza elettrica in potenza meccanica;
- un riduttore che adatta la velocità meccanica del motore al punto di lavoro della macchina comandata (Fig. 3).

Alcune applicazioni a velocità fissa non richiedono un azionamento a velocità variabile, ma semplicemente un teleruttore per accendere e spegnere il motore o un avviatore statico per l'avviamento statico del motore. In altre applicazioni, come le pompe, la velocità del motore elettrico è adattata al requisito di velocità della macchina in modo da rendere il riduttore non necessario.

Figura 3. Diagramma schematico di un gruppo di azionamento (approccio esteso al prodotto)



Fonte: CEMEP

Azionamenti a velocità variabile

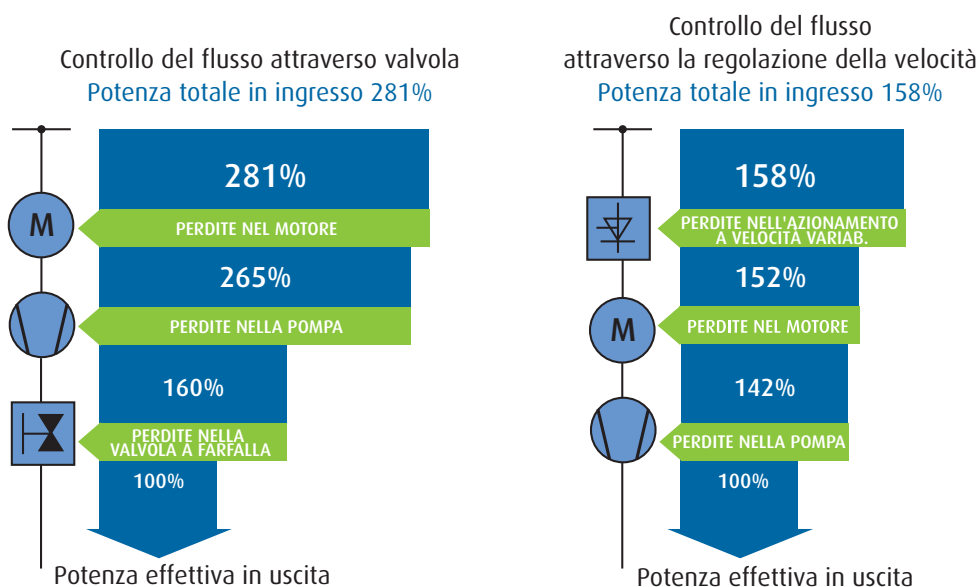
Per il controllo della velocità di un motore trifase, è necessario variare la frequenza e la tensione. Con un azionamento a velocità variabile, tutto questo avviene automaticamente mediante una conversione controllata dell'energia prelevata dalla rete.

Sono oggi disponibili una vasta gamma di convertitori di frequenza (comunemente detti inverter), con potenze da pochi Watt a molti Megawatt.

Grazie ai progressi nella microelettronica e nell'elettronica di potenza le loro prestazioni e affidabilità sono in grado di soddisfare le aspettative più sfidanti.

Con l'inverter, la velocità del motore può essere variata per soddisfare le esigenze del processo, eliminando altri mezzi di controllo come per esempio la valvola in uscita da una pompa (Fig. 4) e ottimizzando in tal modo l'energia prelevata dalla rete. L'azionamento a velocità variabile lavora senza perdite significative.

Figura 4. Consumo energetico in un sistema di pompaggio: controllo dell'accelerazione e della velocità a confronto



In entrambi i casi, la potenza effettiva in uscita è pari al 100% dalla potenza idraulica alla pompa. Nel caso del controllo attraverso valvola, il sistema richiede in ingresso 2,81 volte la potenza utile in uscita. Nel caso del controllo della velocità, invece, solo 1,58 volte. Le perdite sono ridotte a 1/3.

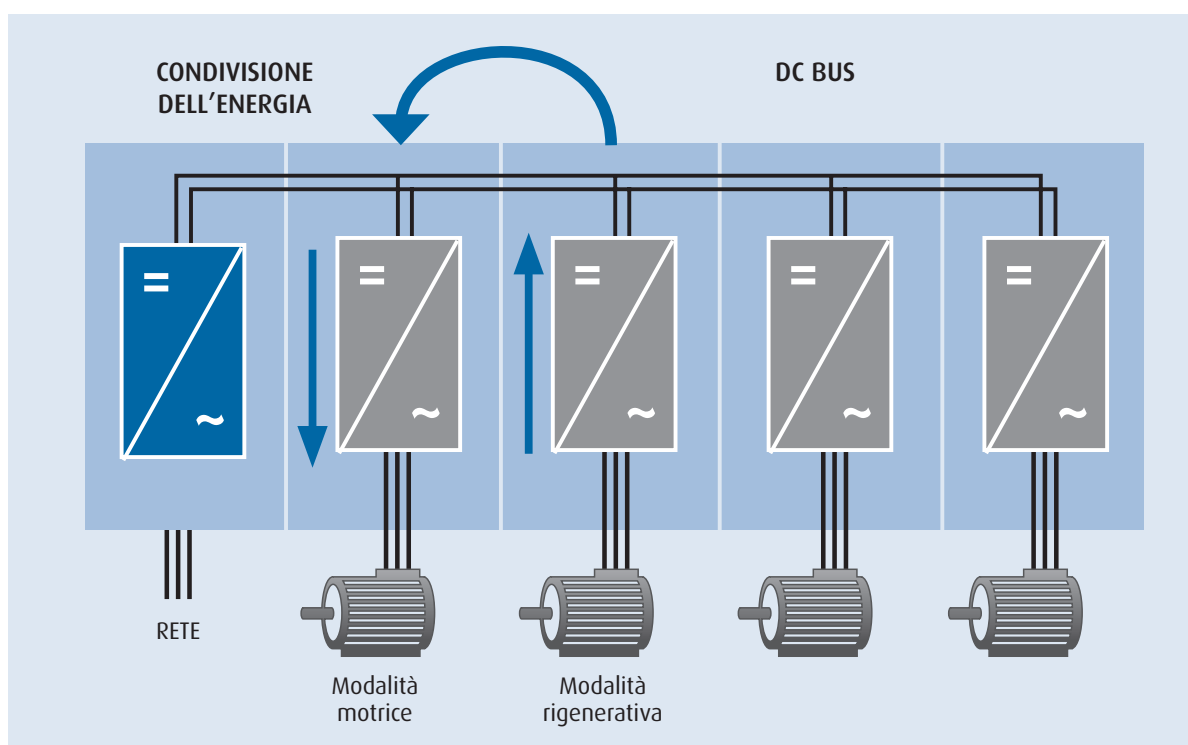
Fonte: CEMEP

Scambio energetico e rigenerazione in rete

Molti azionamenti a velocità variabile forniscono opzioni aggiuntive per l'ottimizzazione dell'efficienza energetica del sistema di azionamento. Se, ad esempio, un azionamento in fase di frenatura produce energia di rigenerazione, quest'ultima può essere immessa in rete invece di essere convertita in calore in una resistenza di frenatura e, in tal modo, andare sprecata.

In alternativa, l'energia può anche essere trasmessa ad altri inverter collegati tra loro attraverso il "DC BUS" (circuito intermedio dell'inverter) (Fig. 5).

Figura 5. Condivisione dell'energia tra azionamenti differenti



Fonte: CEMEP

Avviatori statici

Controllare un motore trifase attraverso un avviatore statico ha conseguenze positive: la macchina condotta si avvia senza scossoni, vengono evitati i colpi d'ariete nei sistemi di pompaggio o, in caso di masse rotanti di grandi dimensioni, le correnti di avviamento sono ridotte. Occorre però precisare che gli avviatori statici non consentono di soddisfare gli obblighi della Direttiva 640/2009 per l'utilizzo di motori IE2 come alternativa agli inverter: possono essere quindi utilizzati con motori IE3.

Motori

Principalmente i motori elettrici convertono la potenza elettrica in potenza meccanica, o, più specificamente, in velocità e coppia. Grazie al loro principio di funzionamento, i motori elettrici sono caratterizzati da un'efficienza relativamente elevata. L'efficienza tipica di un motore asincrono trifase da 1,1 kW è pari circa all'82%; i motori da 100 kW hanno efficienze fino al 95%.

Le perdite dei motori sono causate da diversi effetti fisici. A seconda della tecnologia utilizzata e della taglia del modello interessato, l'entità relativa di tali perdite può variare. I principali fattori di perdita sono:

- Perdite resistive negli avvolgimenti del motore;
- inversione magnetica e correnti parassite;
- perdite per attriti meccanici ed effetti parassiti.

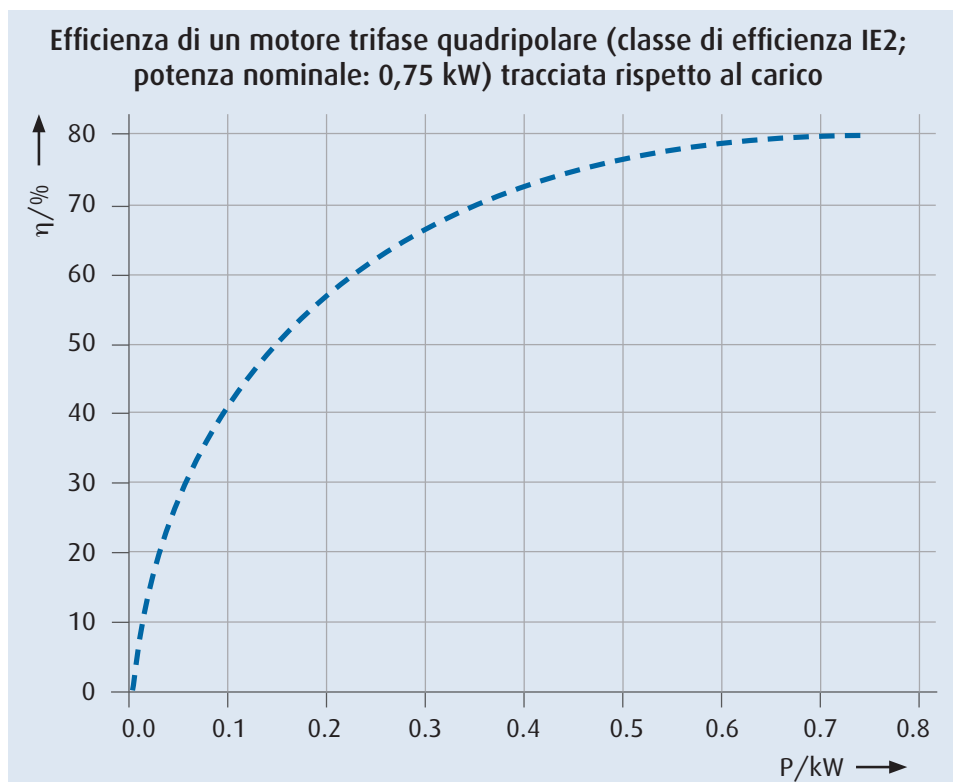
A seconda del punto di funzionamento del motore (velocità e coppia), questi effetti influiscono in maniera differente sulle perdite del motore. Mentre, ad esempio, la potenza prodotta diminuisce in proporzione alla diminuzione della coppia, le perdite del motore non si riducono proporzionalmente. Ciò significa che il motore diventa più inefficiente ai carichi parziali. Pertanto, per ottenere un funzionamento energeticamente efficiente, un motore dovrebbe essere sempre utilizzato al massimo e si dovrebbero evitare sovradimensionamenti (Fig. 6).

I motori asincroni trifase alimentati dalla rete con potenze nominali a partire da 0,75 kW⁵ rientrano nelle classi di efficienza da IE1 a IE4⁶ (più alto è il numero, maggiore è l'efficienza).

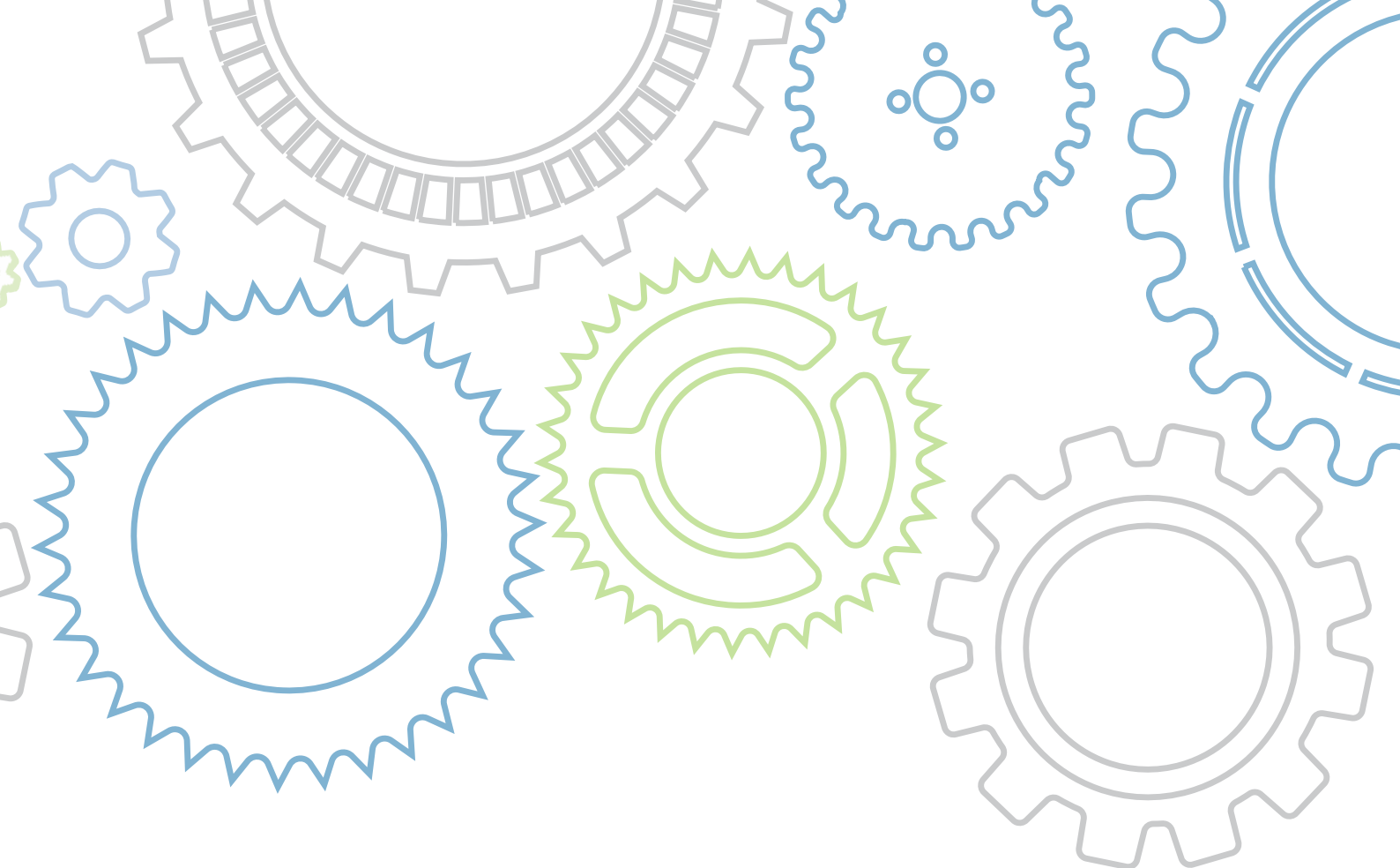
Attualmente, i motori con classe di efficienza IE2 sono lo standard del mercato. Le classi di efficienza più elevate, per contro, richiedono tecnologie aggiuntive, per esempio un rotore a gabbia di scoiattolo realizzato in rame invece che in alluminio per i motori IE3 o tecnologie completamente differenti.

Al fine di raggiungere la classe di efficienza IE4, a seconda dell'applicazione della potenza nominale interessata, sono utilizzate non solo macchine asincrone, ma anche motori a magneti permanenti o a riluttanza sincrona.

Figura 6. Efficienza dei motori rispetto al carico relativo



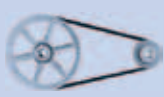
Fonte: CEMEP



L'efficienza di un organo di trasmissione è influenzata dalla guarnizione tra la carcassa e l'albero e dalle perdite all'interno dell'unità (ingranaggi, cuscinetto antifrizione, perdite per attrito con il lubrificante, perdite aggiuntive). Una distinzione fondamentale è fatta tra organi di trasmissione elicoidali, conici e vite senza fine (Fig. 7).

Figura 7. Tipi di ingranaggi a confronto

			
Tipo di ingranaggio	Cinghia elicoidale	Cinghia ad angolo	Cinghia dentellata
Rapporto max	ca. 7	ca. 5	ca. 100
Efficienza	ca. 98%	ca. 98%	ca. 50% ... ca. 97%

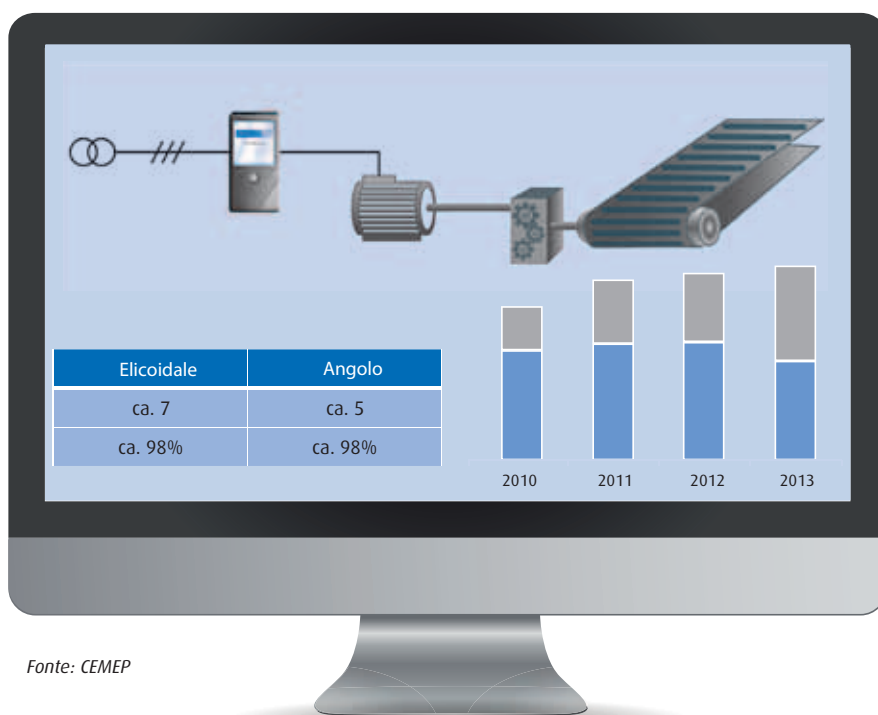
				
Tipo di ingranaggio	Cinghia piatta	Cinghia a cintura	Cinghia dentata	Catena
Rapporto max	5	8	8	6
Efficienza	96% ... 98%	92% ... 94%	96% ... 98%	96% ... 98%

Fonte: CEMEP

5. Con la revisione della norma per creare la IEC 60034-30-1, i motori trifase vengono già assegnati a classi di efficienza a partire dalle taglie di 0,12 kW in su (vedere anche la sezione 3)

6. La classe di efficienza IE4 è stata inclusa nella IEC 60034-30-1 nel marzo 2014 (vedere anche la sezione 3)

Figura 8. Software tecnico a supporto del dimensionamento e dell'ottimizzazione



Nel complesso, questi esempi dimostrano che i potenziali di risparmio energetico esistenti possono essere realizzati meglio con l'ottimizzazione dei componenti ma a causa della complessità di questo tipo di approccio globale i calcoli manuali sono molto elaborati, o quasi impossibili. Per questo motivo, molti produttori di tecnologie di azionamento offrono software di ingegneria di supporto, progettati per aiutare l'utente a determinare i requisiti di processo e calcolare l'efficienza energetica di un sistema di azionamento completo (Fig. 8).

CAPITOLO 3

NORME E LINEE GUIDA

Ci sono varie norme e linee guida che definiscono i requisiti di progettazione ecocompatibile dei motori elettrici e dei sistemi-motore. Questa sezione fornisce una panoramica dei regolamenti già in vigore e di prossima attuazione.

La direttiva per i prodotti “Energy using Products” (EuP) (2005/32/CE) del 6 luglio 2005 definisce i requisiti minimi di progettazione ecocompatibile di questi prodotti. Il 21 ottobre 2009 è entrata in vigore una versione rivista di tale direttiva. La direttiva EuP è così diventata la direttiva “Energy related Products” (ErP) (2009/125/CE). Come direttiva quadro, tuttavia, è valida soltanto per quei prodotti soggetti ad un MEPS (Minimum Energy Performance Standard), che contiene i requisiti minimi che devono essere soddisfatti dal prodotto per essere immesso nella Comunità Europea.

Per i motori asincroni trifase, questo è il caso del Regolamento (CE) 640/2009 e del Regolamento modificato (UE) 4/2014, che stabiliscono i valori minimi di efficienza che devono essere rispettati per legge.

Regolamenti statutari correlati al prodotto

Il Regolamento (CE) 640/2009 del 22 luglio 2009 è il regolamento correlato al prodotto che disciplina la tecnologia del sistema azionamento elettrico. Il regolamento definisce le classi di efficienza per i motori alimentati direttamente dalla rete elettrica, i requisiti per l'uso di tecnologia di azionamento a velocità variabile e il relativo calendario di implementazione.

Oggetto e ambito di applicazione

Il regolamento (CE) 640/2009 si applica ai motori asincroni trifase con rotore a gabbia da 50 Hz o 50/60 Hz e con le seguenti proprietà:

- Tensione nominale sino a 1.000 V;
- Potenza nominale da 0,75 a 375 kW;
- Numero di poli pari a 2, 4 o 6;
- Caratteristiche basate su un funzionamento in continuo.

Eccezioni

Questi regolamenti statutari non si applicano a:

- a) motori progettati per funzionare interamente immersi in un liquido;
- b) motori completamente integrati in un prodotto (per esempio pompe, ventilatori, riduttori e compressori) e per i quali non è possibile testare le prestazioni energetiche autonomamente da questa macchina;
- c) motori autofrenanti: motori muniti di un freno elettromeccanico che agisce direttamente sull'albero motore senza accoppiamenti;
- d) motori progettati per funzionare esclusivamente nelle seguenti condizioni:

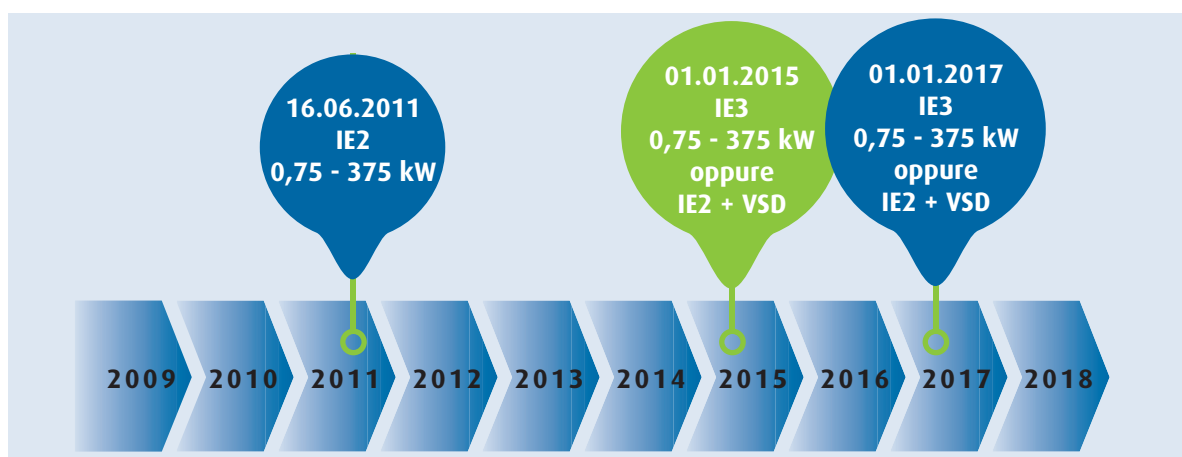
Valido fino al 26 Luglio 2014	Valido dal 27 Luglio 2014 ⁷
Ad altitudini superiori a 1.000 metri sul livello del mare	Ad altitudini superiori ai 4.000 metri sul livello del mare
Con temperature dell'aria ambiente superiore a 40°C	Con temperature dell'aria ambiente superiore a 60°C
A temperature di funzionamento massime superiori a 400 °C	A temperature di funzionamento massime superiori a 400 °C
A temperature dell'aria ambiente inferiori a -15°C per qualsiasi motore o inferiori a 0°C per un motore con raffreddamento ad acqua ⁸	A temperature dell'aria ambiente inferiori a -30°C per qualsiasi motore o inferiori a 0°C per un motore con raffreddamento ad acqua ⁸
Con temperature dell'acqua di raffreddamento all'ingresso di un prodotto inferiore a 5°C o superiore a 25°C	Con temperature dell'acqua di raffreddamento all'ingresso di un prodotto inferiore a 0°C o superiore a 32°C
In atmosfere potenzialmente esplosive, come definito nella Direttiva 94/9/CE del Parlamento europeo e del Consiglio europeo	In atmosfere potenzialmente esplosive, come definito nella Direttiva 94/9/CE del Parlamento europeo e del Consiglio europeo

Calendario per l'implementazione

I requisiti individuali entrano in vigore con il seguente calendario (Fig. 9):

- **Dal 16 giugno 2011**, i motori immessi sul mercato per la prima volta devono essere di una classe di rendimento minima IE2.
- **Dal 1° gennaio 2015**, i motori con potenza nominale compresa tra 7,5 e 375 kW immessi sul mercato per la prima volta devono avere come minimo una classe di efficienza IE3. In alternativa, possono avere una classe di efficienza IE2, ma solo se azionati da/dotati di un variatore di velocità. I motori con potenza nominale compresa tra 0,75 e 7,5 kW immessi sul mercato per la prima volta devono avere almeno una classe di efficienza IE2.
- **Dal 1° gennaio 2017**, i motori con potenza nominale compresa tra 0,75 e 375 kW immessi sul mercato per la prima volta dovranno avere almeno una classe di efficienza IE3. In alternativa, dovranno avere almeno una classe di efficienza IE2, ma solo se azionati da/dotati di un variatore di velocità.

Figura 9. Calendario di attuazione del regolamento (CE) 640/2009



Fonte: CEMEP

7. Regolamento 4/2014 (UE) (pubblicato il 6 gennaio 2014), che modifica il precedente regolamento 640/2009 (CE) per l'attuazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici.

8. Correzione (pubblicata il 19 febbraio 2011): temperature ambiente al di sotto di 0°C nel caso di motori raffreddati ad acqua (invece di motori raffreddati ad aria)

La soluzione di maggiore efficienza energetica dipende dall'applicazione effettiva e va determinata in ciascun singolo caso dall'operatore o dal pianificatore del sistema interessato. Con applicazioni a pieno carico, si dovrebbe selezionare un motore IE3 mentre con i sistemi a carico variabile un variatore di velocità può consentire notevoli risparmi.

Evoluzione della normativa

Le norme sono raccomandazioni e diventano legalmente vincolanti solo quando sono integrate negli strumenti statutari e/o nei contratti commerciali. La norma internazionale IEC 60034-30-1 definisce le classi di efficienza (codice IE) per motori trifase a bassa tensione collegati direttamente alla rete di alimentazione elettrica:

- IE1 (efficienza standard)
- IE2 (alta efficienza)
- IE3 (efficienza massima)

In futuro, la norma IEC 60034-30 verrà divisa in due parti:

- Parte 1: classi di efficienza dei motori alimentati dalla rete
- Parte 2: classi di efficienza dei motori per funzionamento con convertitori⁹.

CLASSI DI RENDIMENTO IE1, IE2, IE3

Limiti stabiliti di rendimento (η) per motori a 50 Hz:

POTENZA NOMINALE [kW]	IE1			IE2			IE3		
	Numero di poli								
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70,0	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	75,0	75,0	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81,0
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	79,2	79,2	77,2	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	84,7	84,7	83,1	87,0	87,7	86,0	89,2	89,6	88,0
7,5	86,0	86,0	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	90,7	90,7	90,2	92,0	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	93,3	94,3	94,1
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94,0	93,7	94,7	95,0	94,6
90	93,0	93,0	92,9	94,1	94,2	94,0	95,0	95,2	94,9
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4
160	93,8	93,8	93,8	94,8	94,7	94,8	95,6	95,8	95,6
da 200 a 375	94,0	94,0	95,0	95,1	94,7	95,0	95,8	96,0	95,8

⁹. In discussione, data di pubblicazione non ancora nota

CLASSI DI RENDIMENTO IE1, IE2, IE3

Limiti stabiliti di rendimento (η) per motori a 60 Hz:

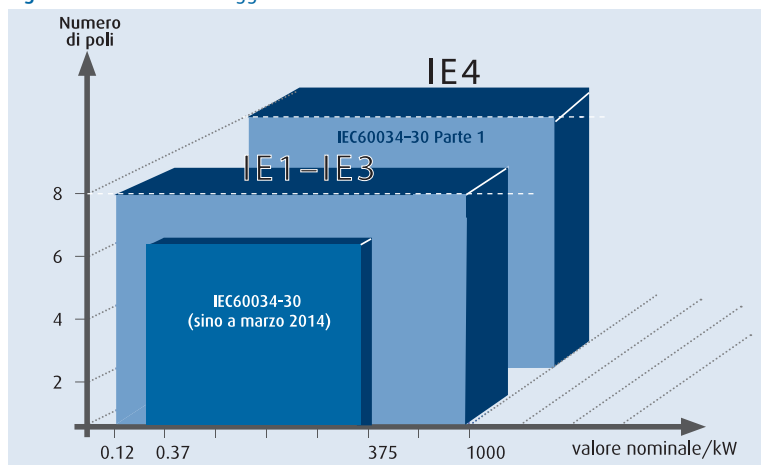
POTENZA NOMINALE [kW]	IE1			IE2			IE3		
	Numero di poli								
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	77,0	78,0	73,0	75,5	82,5	80,0	77,0	85,5	82,5
1,1	78,5	79,0	75,0	82,5	84,0	85,5	84,0	86,5	87,5
1,5	81,0	81,5	77,0	84,0	84,0	86,5	85,5	86,5	88,5
2,2	81,5	83,0	78,5	85,5	87,5	87,5	86,5	89,5	89,5
3,7	84,5	85,0	83,5	87,5	87,5	87,5	88,5	89,5	89,5
5,5	86,0	87,0	85,0	88,5	89,5	89,5	89,5	91,7	91,0
7,5	87,5	87,5	86,0	89,5	89,5	89,5	90,2	91,7	91,0
11	87,5	88,5	89,0	90,2	91,0	90,2	91,0	92,4	91,7
15	88,5	89,5	89,5	90,2	91,0	90,2	91,0	93,0	91,7
18,5	89,5	90,5	90,2	91,0	92,4	91,7	91,7	93,6	93,0
22	89,5	91,0	91,0	91,0	92,4	91,7	91,7	93,6	93,0
30	90,2	91,7	91,7	91,7	93,0	93,0	92,4	94,1	94,1
37	91,5	92,4	91,7	92,4	93,0	93,0	93,0	94,5	94,1
45	91,7	93,0	91,7	93,0	93,6	93,6	93,6	95,0	94,5
55	92,4	93,0	92,1	93,0	94,1	93,6	93,6	95,4	94,5
75	93,0	93,2	93,0	93,6	94,5	94,1	94,1	95,4	95,0
90	93,0	93,2	93,0	94,5	94,5	94,1	95,0	95,4	95,0
110	93,0	93,2	94,1	94,5	95,0	95,0	95,0	95,8	95,8
150	94,1	94,5	94,1	95,0	95,0	95,0	95,4	96,2	95,8
da 185 a 375	94,1	94,5	94,1	95,0	95,0	95,0	95,8	96,2	95,8

Estensione della norma IEC 60034-30-1

La nuova versione è stata pubblicata a marzo 2014. L'oggetto della norma **IEC 60034-30, Parte 1 Motori alimentati dalla rete** è stato esteso e modificato come segue (Fig. 10):

- tutti i motori alimentati dalla rete elettrica (per esempio i motori monofase e i motori a magneti permanenti con avviamento in rete);
- potenza nominale da 0,12 a 1.000 kW;
- intervallo di tensioni comprese tra 50 V e 1 kV;
- numero di poli 2, 4, 6 e 8;
- tutti i motori termicamente in grado di fornire un funzionamento in continuo;
- intervallo di temperature comprese tra -20°C e + 60°C (valori nominali a 25°C), ad inclusione di motori per estrazione fumi con una classe di temperatura sino a 400 °C compresi;
- utilizzabile sino a 4.000 m sul livello del mare (valori nominali a 1.000 m);
- definizione dei valori di efficienza IE4.

Figura 10. Differenze di oggetto



Fonte: CEMEP

Differenze di scopo

Il prospetto seguente indica le differenze tra i campi di applicazione della norma internazionale IEC 60034-30, ora IEC 60034-30-1, e del Regolamento 640/2009. Si deve tenere presente che la norma IEC 60034-30-1 ha un campo di applicazione più esteso rispetto a quello a cui il Regolamento (CE) 640/2009 si riferisce, ma questo non influenza il Regolamento stesso.

QUALI MOTORI RIENTRANO NEL CAMPO DI APPLICAZIONE?	IEC 60034-30:2008 Classi di efficienza IE1, IE2, IE3	DIRETTIVA EUP/REGOLAMENTO 640/2009 RICHIESTE LEGALI
Motori asincroni trifase Nota: Si applica anche nel caso di motori installati in una macchina Misura dell'efficienza al netto dell'applicazione di anelli di tenuta dell'albero, sistema di blocco dell'inversione, trasmettitore sincrono, ecc.	SI 0,75 a 375 kW Estensione secondo IEC 60034-30-1 2, 4, 6 poli da 0,12 a 1.000 kW Estensione secondo IEC 60034-30-1 da 2, 4, 6, 8 poli Servizio continuo e per servizio S3 con rapporto di intermittenza nominale $\geq 80\%$	SI 0,75 a 375 kW 2, 4, 6 poli, servizio continuo
Motoriduttori	SI	SI
Motori per atmosfere esplosive	SI	NO
Autofrenanti: un motore equipaggiato con un freno elettromeccanico che opera direttamente sull'albero del motore senza giunti di accoppiamento	SI	NO
Motori completamente integrati dentro una macchina (per esempio riduttori pompe, ventilatori, compressori) nei quali il rendimento non può essere misurato indipendentemente dalla macchina	NO	NO
Altri tipi di motori (ad esempio motori a magneti permanenti, motori a commutazione di poli, motori realizzati solo per funzionamento con convertitore)	NO	NO

Norme per il sistema di azionamento elettrico

Il capitolo 2 ha chiarito che l'ottimizzazione dell'efficienza energetica di un sistema di azionamento è nettamente più impegnativa della semplice ottimizzazione dei singoli componenti.

La lista degli ErP già oggetto di un Regolamento europeo nel contesto della Direttiva Ecodesign è lunga ed ancor più lunga la lista degli ErP2 che, molto probabilmente, saranno soggetti a requisiti minimi di prestazione energetica obbligatori; tra questi ci sono anche i variatori di velocità inclusi negli azionamenti elettrici. È infatti allo studio una proposta di Regolamento che prevede, tra l'altro, che i variatori di velocità che saranno immessi sul mercato successivamente al 1° gennaio 2018 debbano avere dei livelli di perdite inferiori a limiti ben precisi (classe di prestazione minima IE1).

In quest'ottica il CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) ha pubblicato a dicembre dello scorso anno, su mandato della Commissione Europea, la serie di norme EN 50598 in tema di efficienza energetica degli azionamenti elettrici (denominati a livello normativo Power Drive Systems).

La serie di norme EN 50598

La EN 50598 è una serie di norme a supporto della Direttiva Ecodesign. Per quanto riguarda infatti gli azionamenti elettrici fino alla pubblicazione di queste norme, non si avevano a disposizione metodi e procedure standard per definirne e classificarne la prestazione energetica; la serie EN 50598 fornisce uno schema di classificazione e ne definisce i metodi di calcolo e di prova. Essa definisce, inoltre, un metodo di determinazione sia delle perdite dell'azionamento elettrico che delle perdite del complesso azionamento elettrico e macchina azionata, il cosiddetto "Prodotto esteso" (Extended Product - EP) (Fig. 11).

Prima di illustrare, in sintesi, il contenuto di ciascuna delle tre parti della serie EN 50598, è necessario introdurre alcuni termini e definizioni essenziali per la comprensione della struttura complessiva di questi documenti.

La serie EN 50598 introduce il concetto di "Prodotto esteso" (Extended product - EP); come già accennato l'EP comprende il motore elettrico, il suo sistema di regolazione e controllo, comprese tutte le apparecchiature elettromeccaniche ed elettroniche, e la macchina azionata.

La serie EN 50598 definisce l'EP come il complesso costituito dalla Macchina Azionata (Driven equipment) e dal Sistema Motore (Motor System).

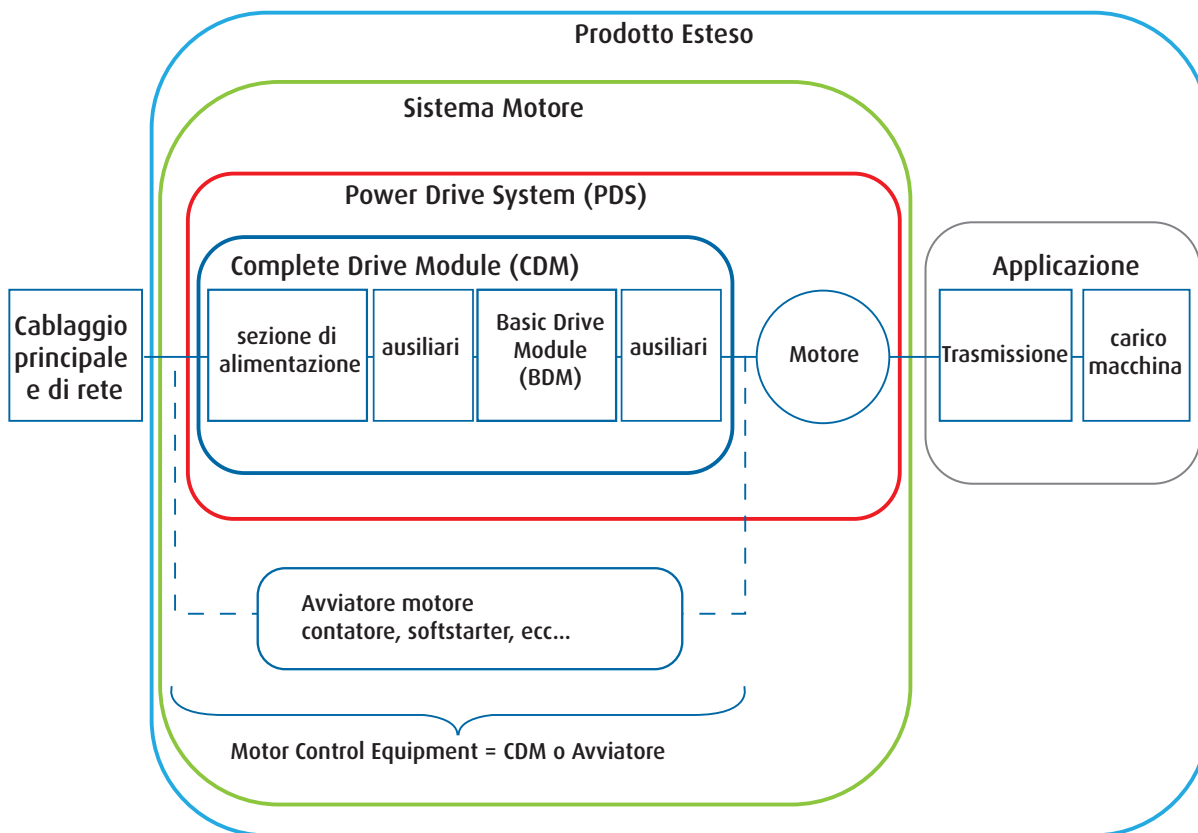
La Macchina Azionata è costituita dal carico (pompa centrifuga, ventilatore, ecc.) compresi eventuali organi di trasmissione meccanici.

Il Sistema Motore è costituito da tutte le apparecchiature che, da un punto di vista funzionale, sono interposte tra l'alimentazione elettrica e la Macchina Azionata e consiste in due fattispecie:

- l'azionamento elettrico (Power Drive System - PDS) che comprende tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche di alimentazione, conversione e controllo (CDM) ed il motore elettrico;
- il complesso costituito dal motore e dall'avviatore che comprende tutte le apparecchiature elettromeccaniche e/o elettroniche per il suo comando.

L'introduzione del concetto di "Prodotto esteso" riveste un'importanza cruciale in tema di efficienza energetica; è infatti l'ottimizzazione del sistema nel suo complesso e non dei singoli componenti che permette, in ultima analisi, il miglioramento più cospicuo della prestazione energetica dell'applicazione; per questo motivo è necessario considerare l'effetto della combinazione del Sistema Motore con la Macchina Azionata.

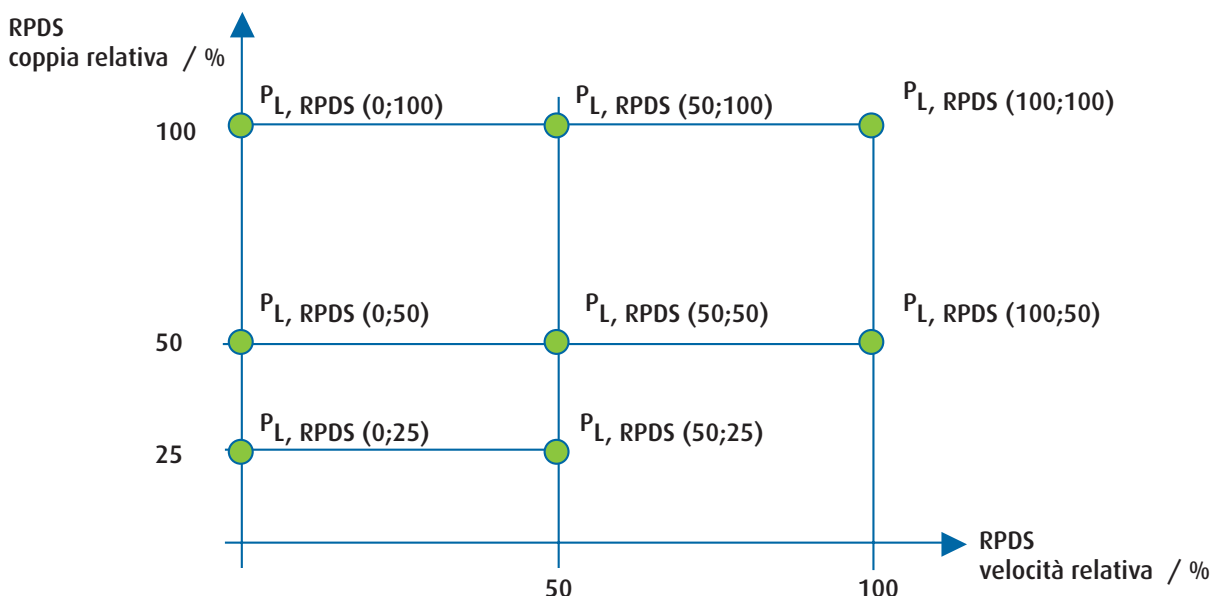
Figura 11. Schema esemplificativo del concetto "Extended Product"



I tre pilastri della EN 50598

- **La prima parte** della Norma EN 50598-1, descrive i concetti del Extended Product Approach - EPA - (Fig. 11), e del modello semi-analitico (Semi Analytic Model), al fine di aiutare i costruttori di macchine e apparecchiature nel raggiungere i requisiti di eco-sostenibilità nella progettazione (in termini tecnici di Ecodesign) di "extended products" come ad esempio i sistemi di pompaggio, ventilazione, compressione aria, trasporto e posizionamento. L'Extended Product Approach permette di considerare non soltanto il sistema costituito dal variatore di velocità e dal motore (Power Drive System) ma di allargare il perimetro fino a comprendere l'applicazione gestita dal motore elettrico. Il modello semi-analitico propone una modalità di analisi mirata alla stima delle perdite ed è costituito da un insieme di equazioni matematiche e dati calcolati o misurati. Per ottenere un modello semi-analitico del "prodotto esteso" è necessario definire due modelli distinti: un primo modello riguardante il sistema motore (azionamento elettrico oppure avviatore e relativo motore elettrico) e uno riguardante il carico gestito dal motore elettrico.
- **La seconda parte** della Norma la EN 50598-2, fornisce il metodo per poter stimare le perdite dei variatori di velocità e degli azionamenti elettrici. Seguendo quanto indicato nel comma 2 della norma, sarà possibile determinare la classificazione energetica dei variatori di velocità e degli azionamenti e determinarne puntualmente le perdite tramite calcoli o misure in differenti condizioni di funzionamento (Fig. 12). I dati di efficienza dei variatori di velocità e degli azionamenti elettrici potranno essere utilizzati dai costruttori di apparecchiature e macchinari per definire la classe energetica del "prodotto esteso".

Figura 12. Punti operativi di un PDS



- **La terza parte** della Norma, EN 50598-3, definisce i requisiti per una progettazione eco-sostenibile dal punto di vista ambientale dei variatori di velocità e degli azionamenti elettrici. In particolare, vengono definiti due differenti livelli di requisiti ambientali che dovranno essere rispettati dai costruttori delle apparecchiature sopra citate:
 - versione base (Basic), che prevede considerazioni qualitative sull'impatto ambientale del prodotto durante il suo ciclo di vita e alla fine dello stesso;
 - versione completa (Full), che prevede invece considerazioni quantitative sull'impatto ambientale del prodotto durante il suo intero ciclo di vita, smaltimento compreso.

Nella versione completa della descrizione sui requisiti ambientali si potranno trovare dati specifici, quali ad esempio la concentrazione di sostanze presenti nel prodotto che contribuiscono al riscaldamento globale piuttosto che al danneggiamento dello strato di ozono. La versione completa dovrà essere redatta a seguito di un Life Cycle Assessment (LCA), cioè di un'analisi dettagliata dell'intero ciclo di vita del prodotto comprendente le fasi di produzione, trasporto, utilizzo.

CAPITOLO 4

IL REGOLAMENTO UE PER I MOTORI: COSA SERVE SAPERE

Il Regolamento introduce alcune regole per la commercializzazione dei motori elettrici basandosi sul loro livello di efficienza.

Il controllo elettronico della velocità viene effettuato utilizzando un convertitore di frequenza che regola la velocità del motore - e quindi la potenza prodotta - sulla base dell'energia necessaria. Si veda il capitolo 3 per la strategia dettagliata di implementazione di questo programma.

I motori della classe di rendimento IE1 dal 16 giugno 2011 non possono essere immessi sul mercato anche se alimentati da un controllo elettronico della velocità (inverter).

L'immissione sul mercato è definita come la prima disponibilità di un prodotto sul mercato

Data della prima immissione sul mercato

I motori che sono stati immessi sul mercato prima della scadenza possono continuare a essere venduti anche dopo la scadenza. Possono inoltre essere messi in servizio e utilizzati in conformità alle regole che si applicavano prima della scadenza.

Esempio pratico

Sino al 31 dicembre 2014, il produttore A, identificato dal suo nome sul prodotto o nella documentazione che lo accompagna, può immettere sul mercato motori con una classe di efficienza IE2 e una potenza nominale maggiore o uguale a 7,5 kW secondo l'oggetto dei Regolamenti (CE) 640/2009 ed (EU) 4/2014. Questi motori si intendono legalmente immessi sul mercato se vengono trasferiti dal produttore a un'altra persona giuridica (per esempio distributori, azienda di vendita LTD del produttore) sino alla data indicata inclusa. Questi motori possono poi essere rivenduti, messi in servizio e utilizzati anche dopo la scadenza del 1° gennaio 2015.

Magazzino di fornitura

Se un motore viene consegnato a un magazzino di fornitura, si intende che così facendo venga reso disponibile per la prima volta sul mercato (dietro pagamento o gratuitamente, senza differenza). Si può quindi presumere che esso sia stato immesso sul mercato.

Motori installati

Sono inoltre inclusi nella norma i motori installati in altre apparecchiature e che inizialmente non sono stati immessi sul mercato come motori all'interno degli stati membri della UE. Questo garantisce che non sia possibile sottrarsi ai regolamenti statutari per i prodotti importati, per esempio le macchine.

Esempio pratico

Una sega circolare che viene importata nell'Unione Europea contiene come prodotto finito un motore che rientra nell'oggetto dei Regolamenti 640/2009 e 4/2014. Il motore installato deve, quando attraversa un confine (una volta passata la dogana), rispettare i requisiti dei Regolamenti 640/2009 e 4/2014, dato che nel rispettivo momento viene reso disponibile per la prima volta in uno stato membro.

Riparazione

I prodotti riparati senza alcuna variazione di rilievo dei loro valori nominali originali, dell'uso o della costruzione non vengono considerati prodotti nuovi.

Esempio pratico

Un motore che è stato immesso sul mercato prima del 16 giugno 2011 può essere riparato e riutilizzato anche se non rispetta i requisiti dei Regolamenti 640/2009 e 4/2014. La consegna di un nuovo motore di riserva è di regola ammessa solo se questo è in conformità con il regolamento.

Messa in servizio di azionamenti a velocità variabile

Se non c'è abbastanza spazio sulla targhetta dati, il CEMEP (Associazione europea dei produttori di macchine elettriche e di elettronica di potenza) raccomanda che il fabbricante apponga un adesivo (Fig. 13) sul motore per informare l'utente delle relative condizioni di messa in servizio.

Figura 13. Adesivo di avvertenza del CEMEP



Se possibile, il CEMEP raccomanda di rendere visibili le informazioni sulla targhetta dati. In molti casi, non tutte le informazioni richieste possono essere inserite in modo leggibile sulla targhetta dati a causa delle dimensioni del motore e della quantità di informazioni. Si deve ricorrere a un 'adesivo' aggiuntivo solo se le dimensioni della targhetta dati rendono impossibile inserire tutte le informazioni. L'adesivo deve essere altrettanto permanente e visibile della targhetta dati.

Interpretazione del termine "dotato di" per un azionamento a velocità variabile

Sebbene il termine 'dotato di' non sia definito nel Regolamento (CE) 640/2009, l'interpretazione prevalente è che 'dotato di' faccia riferimento alla messa in servizio. La 'messa in servizio' viene definita come 'il primo uso di un prodotto per il suo impiego previsto da parte di un utente finale nell'Unione Europea.'

La 'messa in servizio' non va confusa con 'l'immissione sul mercato', che è invece definita come 'la prima disponibilità di un prodotto sul mercato'¹⁰.

10. National Measurement Office (NMO), agenzia esecutiva del Department for Business, Innovation and Skills in UK

Esportazione all'esterno dell'Unione Europea

I casi seguenti non sono considerati come immissione sul mercato di un motore:

- il prodotto viene esportato da un produttore di uno stato membro in un paese all'esterno dell'Unione Europea;
- il prodotto viene trasferito a un esportatore (commerciante o produttore di macchine) che lo esporta all'esterno della UE in modo indipendente o come componente integrato. Per evitare problemi di documentazione a carico del produttore, l'intenzione di esportare i motori dovrebbe, in questo caso, essere definita per iscritto dal produttore e dall'esportatore (in qualità di suo cliente), per esempio con un contratto di fornitura.

Esempio pratico

Un produttore con sede nella UE può produrre e distribuire motori di classe IE1 che rientrano nell'oggetto dei Regolamenti 640/2009 e 4/2014 anche dopo il 16 giugno 2011, a condizione che questi motori siano destinati esclusivamente all'esportazione all'esterno della UE. In tal caso non dovrà essere riportata la marcatura CE sul motore.

Vigilanza del mercato

La vigilanza del mercato è responsabilità degli stati membri della UE. Gli stati membri devono designare le autorità responsabili della vigilanza del mercato e specificare attività, poteri e disposizioni organizzative ritenute necessarie. La vigilanza del mercato stessa provvede a verificare le informazioni di identificazione e obbligatorie sul prodotto, ovvero la Dichiarazione di conformità, i documenti tecnici e le caratteristiche del dispositivo (mediante campioni casuali), con particolare attenzione all'efficienza, che viene misurata in un laboratorio certificato.

Il portale <http://motorielettrici.enea.it/>, realizzato da ENEA creato in collaborazione con il Gruppo Macchine Rotanti di ANIE Energia ha l'obiettivo di segnalare i prodotti conformi al Regolamento della Commissione (CE) 640/2009 su efficienza energetica e classi di efficienza, oltre a segnalare le future evoluzioni normative sul tema. Tutte le aziende che producono o commercializzano prodotti conformi al Regolamento possono volontariamente aderire al sito tramite una sottoscrizione. Attraverso l'adesione, l'azienda si impegna a trasmettere ad ENEA le dichiarazioni di conformità e i relativi test report prima di ogni successiva pubblicazione di nuovi motori elettrici. In tale contesto, ENEA non eserciterà controlli sulle informazioni riportate nel sito in relazione alla conformità dei motori elettrici al Regolamento 640/2009, ma potrà esercitare controlli a campione o su segnalazione, mediante l'effettuazione di test specifici.

CAPITOLO 5

ANALISI DEL CICLO DI VITA: QUANDO L'EFFICIENZA ENERGETICA PAGA

Implementazione di un sistema di gestione energetica

L'uso di un sistema di gestione energetica (per esempio ISO 50001) permette di acquisire sistematicamente e poi di controllare i requisiti energetici di un sistema di azionamento o di un'intera azienda. Con un sistema di gestione energetica pienamente funzionale, un'azienda può mappare in modo trasparente i propri flussi energetici. Questo consente di individuare le azioni necessarie per migliorare continuamente i propri livelli di efficienza. Oggi, i componenti di azionamento intelligente come gli azionamenti a velocità variabile o gli avviatori gradualali offrono una molteplicità di valori misurati, come ad esempio la corrente, la tensione e il *cosphi*, che possono essere trasmessi al sistema di gestione dei dati energetici per mezzo di sistemi field bus comunemente usati.

Un ulteriore vantaggio è legato alla possibilità di ottenere per alcune aziende di produzione di alcuni paesi europei che dispongono di un sistema di gestione energetica una riduzione degli oneri fiscali.

Sostituzione di motori e sistemi

Oggi, le soluzioni di azionamento basate su motori a elevata efficienza e moderni azionamenti a velocità variabile rappresentano lo stato dell'arte e sono ampiamente disponibili. Tuttavia, le linee di produzione europee tendono ad avere un ciclo di servizio per lo più superiore a dieci anni, quindi sono ancora ampiamente diffusi e utilizzati azionamenti elettrici che non si conformano alle classi di efficienza energetica oggi in vigore.

Un primo parametro per valutare la convenienza di una sostituzione in classe efficiente è il tempo di pay-back dell'investimento.

La figura sotto mostra la sostituzione di un motore ancora funzionante in classe IE1 con un IE3 (Fig. 14).

Figura 14. Tempo di Pay-Back (anni) associato alla sostituzione di un motore funzionante ad efficienza standard con uno appartenente alla classe di efficienza IE3

Potenza [kW] / Ore di funzionamento [h/anno]	1,5	7,5	15	37	90	160
2.000	10,88	9,46	17,42	24,21	31,6	>> vita utile
4.000	4,73	4,19	6,91	8,72	10,14	11,80
7.680	2,33	2,08	3,31	4,08	4,46	5,30

Secondo lo stesso parametro si può anche considerare la sostituzione di un motore non funzionante in classe IE2 con un IE3 (Fig. 15).

Altro parametro di valutazione oltre al tempo di pay-back può essere individuato nel costo medio risparmiato per kWh. La figura sottostante mostra la sostituzione di un motore IE1 funzionante con un IE3 (Fig. 16). Il costo medio dell'energia è assunto pari a 13 c€/kWh.

Figura 15. Tempo di Pay-Back (anni) associato all'installazione di un motore di classe IE3 rispetto ad uno di classe IE2, qualora il motore non funzionante non possa essere riavvolto.

Potenza [kW] / Ore di funzionamento [h/anno]	1,5	7,5	15	37	90	160
2.000	9,22	8,98	13,69	16,62	18,25	31,02
4.000	4,09	4,0	5,72	6,67	7,16	10,13
7.680	2,03	1,99	2,78	3,20	3,42	4,65

Figura 16. Costo medio del kWh risparmiato (€/ kWh) derivante dalla sostituzione di un motore funzionante ad efficienza standard con uno appartenente alla classe di efficienza IE3.

Potenza [kW] / Ore di funzionamento [h/anno]	1,5	7,5	15	37	90	160
2.000	0,071	0,064	0,099	0,120	0,135	0,15
4.000	0,036	0,032	0,050	0,060	0,068	0,076
7.680	0,019	0,017	0,026	0,031	0,035	0,040

Figura 17. Costo medio del kWh risparmiato (€/ kWh) derivante dall'installazione di un motore di classe IE3 rispetto ad uno di classe IE2, qualora il motore non funzionante non possa essere riavvolto.

Potenza [kW] / Ore di funzionamento [h/anno]	1,5	7,5	15	37	90	160
2.000	0,063	0,061	0,084	0,096	0,102	0,135
4.000	0,031	0,031	0,042	0,048	0,051	0,068
7.680	0,016	0,016	0,022	0,025	0,027	0,035

CAPITOLO 6

ASPETTATIVE PER IL 2020

Non solo oggi la tecnologia degli azionamenti elettrici è un fattore essenziale per la riduzione dei consumi energetici nell'Unione Europea, ma soprattutto anche negli anni a venire le tecnologie rivolte ad ottenere un risparmio energetico giocheranno un ruolo importante nelle politiche legate alla sostenibilità ambientale.

Il legislatore europeo è consapevole del potenziale della tecnologia degli azionamenti elettrici ai fini del risparmio energetico e già dal 2011 ha adottato alcuni provvedimenti per sfruttarne i benefici. A seguito del regolamento per i motori elettrici 640/2009 (CE), la percentuale di motori ad alta efficienza delle classi IE2 e IE3 è aumentata in modo significativo. Tra i benefici che ne sono conseguiti c'è sicuramente l'aumento dell'attenzione rivolta ai motori efficienti da parte degli utenti che stanno passando direttamente dai motori IE1 a quelli IE3 o stanno installando azionamenti a velocità variabile. Tuttavia, il regolamento per i motori elettrici è solo un primo passo, in quanto la pressione politica sul settore industriale al fine di proseguire con ulteriori provvedimenti volti al risparmio delle risorse sta aumentando.

Di seguito sono illustrate, con un orizzonte temporale fino al 2020, le prospettive della tecnologia degli azionamenti elettrici volta al risparmio sia energetico che delle risorse.

Le condizioni del quadro politico incoraggiano l'innovazione e l'investimento di capitali

I regolamenti introdotti dall'Unione Europea dimostrano di essere uno strumento molto efficace per la definizione del quadro normativo per il risparmio energetico basato sulla tecnologia degli azionamenti elettrici. Le clausole di efficienza, impegnative ma realistiche, stabilite dai legislatori hanno riscontrato un'elevata accoglienza tra gli industriali, i produttori di impianti e macchinari e anche tra gli utenti finali. Per un progetto ottimizzato dal punto di vista energetico, i progettisti possono ora definire gruppi di azionamento abbinati alla particolare applicazione interessata, completamente assemblati e forniti dal produttore, oppure che mettono insieme componenti a risparmio energetico di fornitori diversi per creare un sistema di azionamento ottimale. Questa flessibilità incoraggia l'innovazione e inoltre permette ai produttori di battere la concorrenza locale e globale grazie alle loro conoscenze a livello di azionamenti.

Il monitoraggio pratico del mercato garantisce la conformità con gli elevati standard implicati. Pertanto, i prodotti che non sono conformi agli standard richiesti non possono compromettere l'efficienza dei costi degli investimenti in produzione, ricerca e progettazione.

Sono i sistemi e non i componenti a risparmiare energia

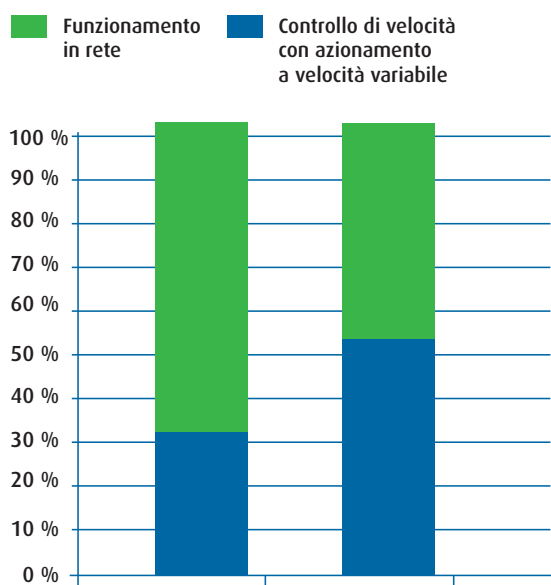
La modifica nei regolamenti da un approccio basato sui componenti a uno basato sul sistema completo ha contribuito notevolmente al conseguimento degli obiettivi di risparmio. Laddove i produttori e gli operatori di linea erano soliti acquistare dispositivi conformi alle classi di efficienza specificate, oggi desiderano sistemi a risparmio energetico, costituiti da un motore elettrico, un azionamento a velocità variabile o un

avviatore del motore e così via fino al riduttore e alla macchina da lavoro. I sistemi di gestione energetica analizzano e predicono il consumo energetico, e l'approccio esteso al prodotto permette al personale specializzato dei produttori di impianti e macchinari (ma anche agli utenti opportunamente addestrati) di scegliere, in modo conforme alla necessità, le misure ottimali senza una lunga serie di prove costose.

Un azionamento su due si rivela essere un modello a velocità variabile

Un fattore chiave nell'ottimizzazione del bilancio energetico è l'uso crescente di azionamenti a velocità variabile, la cui percentuale tra gli azionamenti elettrici è aumentata in modo significativo. Mentre nel 2012 soltanto uno su cinque azionamenti nuovi era un modello a velocità variabile, si prevede che nel 2020, salirà a circa il 50% (Fig. 18). Ciò permetterà di ottenere notevoli risparmi energetici, per esempio utilizzando le pompe, i ventilatori o i compressori.

Figura 18. Incremento previsto di azionamenti a velocità variabile



Fonte: CEMEP

Oggi gli azionamenti a velocità variabile sono comuni e spesso integrati nel motore come elemento costitutivo di un sistema mecatronico ottimizzato per la specifica applicazione. Ma finora non tutte le applicazioni in cui il controllo di velocità dovrebbe essere implementato sono state effettivamente dotate di azionamenti a velocità variabile. Si può quindi prevedere un ulteriore incremento.

Ammodernamenti riusciti

I provvedimenti adottati per la sostituzione del vecchio parco installato di azionamenti elettrici sono stati efficaci. Le sovvenzioni selettive hanno incoraggiato la sostituzione dei motori con scarsi livelli di efficienza e hanno favorito l'installazione degli azionamenti a velocità variabile.

Necessità di ulteriori interventi

Per far sì che queste aspettative si realizzino, è urgente attuare una serie di provvedimenti, tra cui i più importanti sono:

- Definizione di obiettivi realistici ma ambiziosi in termini di efficienza energetica;
- Sostenere la politica dell'approccio di sistema per motori e inverter;
- Incentivare la sostituzione del parco installato di azionamenti elettrici;
- Promuovere la cultura dell'efficienza energetica.

Al fine di conseguire gli obiettivi realizzabili, negli anni a venire il legislatore dovrà svolgere un compito molto delicato: egli dovrà persuadere gli utenti ad adottare la tecnologia, educandoli ad una mentalità orientata all'efficienza energetica. Il settore industriale dovrà sviluppare soluzioni conformi al mercato e sempre più efficienti.

CAPITOLO 7

ESEMPI DI APPLICAZIONE CON POTENZIALI RISPARMI

Nell'ambito della tecnologia dell'automazione, l'impiego di motori ad alta efficienza, di azionamenti a velocità variabile e di un abbinamento motore/riduttore economicamente efficiente svolge un ruolo importante in termini di risparmio energetico. Varie applicazioni tipiche mostrano come con una soluzione di azionamento ottimizzata sia possibile ridurre drasticamente i consumi e quindi anche i costi energetici. I costi aggiuntivi per le tecnologie di risparmio energetico verranno in molti casi ammortizzate in meno di due anni. I seguenti esempi di applicazioni tipiche si basano su un prezzo dell'elettricità di 9 €/kWh. Oltre ai motori con una classe di efficienza elevata e ai riduttori ottimizzati dal punto di vista energetico, gli azionamenti a velocità variabile offrono risparmi potenziali particolarmente elevati.

Azionamento per pompa:

controllo di velocità anziché riduzione meccanica della portata

I sistemi di pompaggio offrono risparmi potenziali significativi, in quanto vengono prevalentemente fatti funzionare a carico parziale (Fig. 19). Il volume di mandata realmente necessario solitamente si trova al di sotto del punto di funzionamento, dato che il sovradimensionamento del sistema in molti casi è regolato da dispositivi di controllo meccanici, come valvole di regolazione o valvole di strozzamento. A titolo di esempio: in una stazione di pompaggio di liquido di raffreddamento dotata di cinque pompe centrifughe e cinque motori ciascuno da 55 kW nominali in uno stabilimento di produzione di un'industria automobilistica, tutti i

Figura 19. Risparmi potenziali elevati con sistemi di pompaggio



limitatori di efflusso sono stati rimossi e le valvole di strozzamento sono state aperte. Per regolare il volume erogato è stato utilizzato il controllo di velocità con azionamenti a velocità variabile. Ciò ha dato luogo a imponenti risparmi energetici del 60%; i costi energetici sono stati ridotti di 96.000 euro all'anno.

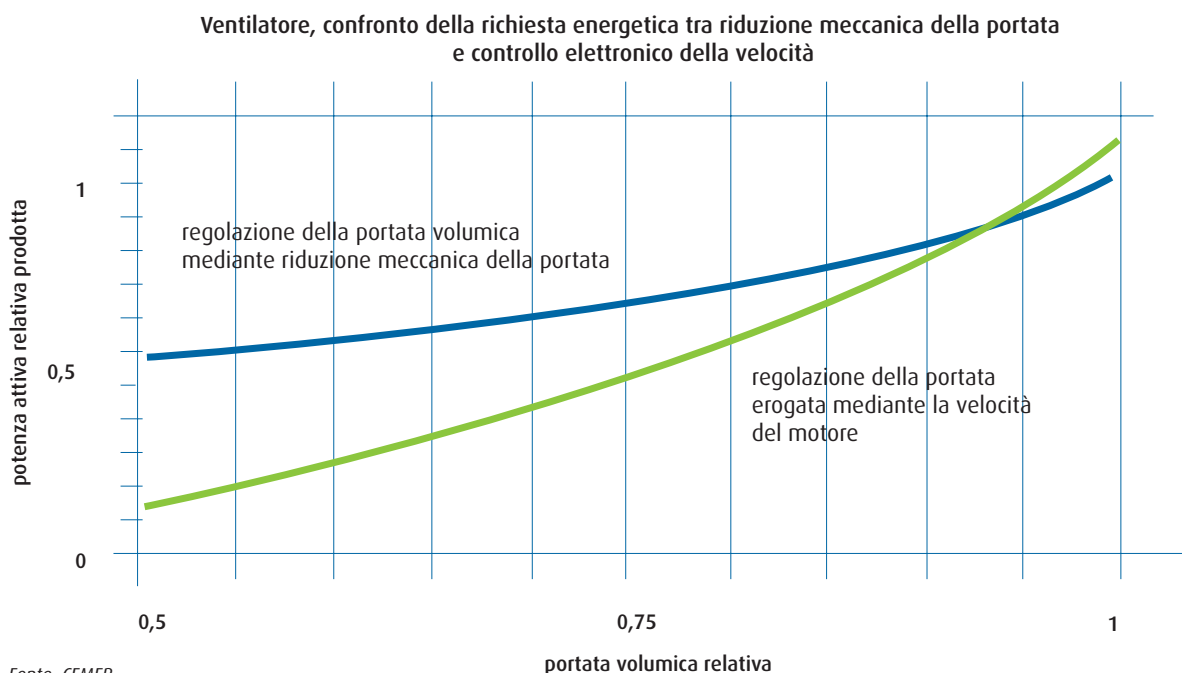
Azionamento per ventilatore:

controllo di velocità anziché riduzione meccanica della portata

I ventilatori hanno un'ampia gamma di applicazioni. Si va dai piccoli modelli per la ventilazione di ambienti, ai sistemi di condizionamento dell'aria negli edifici fino alle soffianti di aria esterna e gas di scarico in impianti cementizi. Nell'applicazione sotto descritta, un ventilatore con una potenza nominale di 7,5 kW viene utilizzato in un impianto di estrazione di un'azienda di lavorazione del legno. La portata è adattata alla quantità effettivamente necessaria mediante un motore trifase a velocità variabile anziché mediante riduzione meccanica della portata. Ciò fa sì che con 4.000 ore di funzionamento si ottenga un risparmio annuo di 756 euro sui costi dell'energia elettrica. I costi di investimento del capitale per l'azionamento a velocità variabile e l'armadio di controllo in tal modo si ammortizzano in circa 25 mesi (Fig. 20).

Tempo di funzionamento	4.000 ore
Portata media erogata	70% del valore nominale
Potenza assorbita, riduzione di portata	5,7 kW
Potenza assorbita, controllo di velocità	3,6 kW
Energia risparmiata	8.400 kWh / anno

Figura 20. Ammortamento rapido per un azionamento per ventilatore



Risparmio energetico: 8.400 kWh; Risparmio sul costo dell'elettricità: 756 €/anno; Tempo di ammortamento: 25 mesi

Figura 21. Funzioni di controllo pompe intelligenti per il potenziamento dell'efficienza energetica



Azionamenti a velocità variabile:

le funzioni intelligenti aiutano a risparmiare energia

I moderni azionamenti a velocità variabile integrano funzioni intelligenti di risparmio energetico. I loro utenti possono regolare finemente il processo interessato in modo da ottimizzare l'uso dell'energia disponibile. Un esempio è la modalità di ottimizzazione energetica, che aumenta l'efficienza del sistema costituito da azionamento a velocità variabile e motore, in particolare nella gamma di carico parziale, anche del 20%. Gli elaboratori di efficienza energetica integrati assistono gli utenti nell'analisi e nell'ottimizzazione dei loro processi.

Inoltre, gli azionamenti a velocità variabile speciali per applicazioni idriche e fognarie offrono funzioni di controllo pompa intelligenti per singole pompe e per sistemi a più pompe progettate per migliorarne l'efficienza energetica (Fig. 21). In una stazione elevatrice di pressione con due pompe da 75 kW e una pompa da 37 kW sono stati utilizzati un sistema di controllo multipompa, una funzione di scambio di priorità delle pompe e un sistema di calcolo della portata. Quando il consumo di acqua dalla rete idrica è basso durante la notte, viene attivata la pompa piccola, mentre durante il giorno subentrano le due pompe grandi. Ciò implica che le pompe possono essere fatte funzionare più vicino al loro punto di funzionamento ottimale. Utilizzando azionamenti a velocità variabile con funzioni di controllo pompe intelligenti, il consumo energetico è stato ridotto del 30%.

Concetto di azionamento multiplo: risparmio di elettricità mediante equalizzazione energetica

In molte applicazioni, alcuni degli azionamenti di un sistema vengono fatti funzionare in modalità motore, mentre nel contempo altri funzionano in modalità generatore. In questo caso un sistema di azionamento multiplo collegato attraverso un bus c.c. in comune è l'opzione preferibile anziché diversi azionamenti separati. Tramite questo bus c.c., può essere fornita un'equalizzazione energetica diretta ed efficiente da tutti gli inverter, senza che si debba convertire energia in calore in un resistore di frenatura o senza alcuna necessità di una unità di recupero energetico. In questo caso gli esempi includono sistemi trasportatori o macchine continue, in cui la svolgitrice viene fatta funzionare continuamente in modalità di recupero e l'avvolgitrice in modalità motore (Fig. 22).

Nel caso di macchine che vengono decelerate ciclicamente, per esempio con centrifughe e gru, una unità ad assorbimento e restituzione energetica è un'opzione ovvia. Essa restituisce l'energia di frenatura alla rete di alimentazione e quindi aumenta l'efficienza della macchina.

Figura 22. Concetto di azionamento multiplo per una macchina continua



CAPITOLO 8

NORMATIVE INTERNAZIONALI PER MOTORI AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

In tutto il mondo ci sono varie norme nazionali, in vigore o ancora in fase di preparazione, per l'utilizzo di motori ad alta efficienza energetica.

La tabella sotto riportata fornisce una panoramica delle normative di alcune nazioni industriali nel mondo. La tabella mostra le varie classificazioni standard suddivise per classi IE e le relative gamme di rating, le frequenze e le tensioni delle reti di alimentazione, l'andamento temporale delle normative e le eccezioni significative.

Le classi di efficienza sono basate sullo standard valido a livello internazionale IEC 60034-30 e le denominazioni specifiche per paese possono divergere da questo standard.



Nazione	IE	kW		No. di poli	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	da	a	eccezioni significative	Tensione	Frequenza
 Unione europea	1	0.75	375	2,4,6								...	15.06.2011	Tutti i motori non S1 e S6 I motori con convertitore 2015/2017 IE2 utilizzare solo con motori VSD Tutti gli ATEX 94/9/EG Motori progettati per >+60 °C, <-30 °C, >4000 m Motori autofrenanti	Fino a 1000 V	50 Hz
	2	0.75	375	2,4,6								16.06.2011	31.12.2014			
		0.75	7.5	2,4,6								01.01.2015	31.12.2016			
	3	7.5	375	2,4,6								01.01.2015	31.12.2016			
		0.75	375	2,4,6								01.01.2017	...			
 Svizzera	Uguale a Unione Europea															
 Turchia	Uguale a Unione Europea (eccezione: i motori progettati per > 40 ° C , < -15 ° C , > 1000 m)															
 USA	1	0.75	150	2,4,6								...	30.09.1997	Tutti i motori non- S1 I motori con convertitore Motoriduttori IE2 motore flangiato IE2 NEMA-Design C	Fino a 600 V	60 Hz
	2	0.75	150	2,4,6								01.10.1997	19.12.2010			
		0.75	185	8								20.12.2010	31.05.2016			
		160	260	6								20.12.2010	31.05.2016			
		160	375	2,4								20.12.2010	31.05.2016			
	3	0.75	150	2,4,6								20.12.2010	31.05.2016	Tutti i motori non- S1 I motori con convertitore		
		0.75	375	2,4								01.06.2016	...			
		0.75	260	6								01.06.2016	...			
		0.75	185	8								01.06.2016	...			
 Canada	1	0.75	150	2,4,6								...	30.09.1997	Tutti i motori non- S1 I motori con convertitore IE1 con Nema-Design C timbro	Fino a 600 V	60 Hz
	2	0.75	150	2,4,6								01.10.1997	11.04.2012			
		0.75	375	8								12.04.2012	...			
		160	375	2,4,6								12.04.2012	...			
	3	0.75	150	2,4,6								12.04.2012	...			
 Cina	1	0.55	315	2,4,6								01.06.2008	30.06.2011	Tutti i motori non- S1 I motori con convertitore Solo motori per 60 Hz Motori non ventilati Motori Torque Motori Autofrenanti	Fino a 1000 V	50 Hz
	2	0.75	375	2,4,6								01.09.2012	31.08.2016			
	3	7.5	375	2,4,6								01.09.2016	...			
		0.75	375	2,4,6								01.09.2017	...			

Nazione	IE	kW	No. di poli	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	da	a	eccezioni significative	Tensione	Frequenza
 Australia	1	0.75	185	2,4,6,8							...	31.03.2006	S2-motori Motori con convertitore Motoriduttori Motori subacquei	Fino a 400 V	50 Hz
	2	0.75	185	2,4,6,8							01.04.2006	...			
	3														
 Nuova Zelanda	1	0.75	185	2,4,6,8							...	31.05.2006	S2-motori Motori con convertitore Motoriduttori (flangia motore parte del riduttore)	Fino a 400 V	50 Hz
	2	0.75	185	2,4,6,8							01.06.2006	...			
	3														
 Brasile	1	0.75	110	8							...	07.12.2009	Tutti i motori non-S1 Motori con convertitore Motori antideflagranti in Categoria 2/EPL B	Fino a 1000 V	60 Hz
		0.75	150	6							...	07.12.2009			
		0.75	185	2,4							...	07.12.2009			
	2	0.75	110	8							08.12.2009	...			
		0.75	150	6							08.12.2009	...			
		0.75	185	2,4							08.12.2009	...			
	3														
 Cile	1	0.75	7.5	2,4,6							2011	...	Motori autofrenanti Motori con convertitore	Fino a 380 V	50 Hz
	2														
	3														
 Messico	1	0.75	150	2,4,6,8							...	30.09.1997	Tutti i motori non-S1	Fino a 600 V	60 Hz
	2	0.75	375	2,4,6,8							01.10.1997	19.12.2010			
	3	0.75	375	2,4,6							20.12.2010	...			
 Sud Africa	1	0.75	375	2,4,6							...		Non conosciuti	Fino a 400 V	50 Hz
	2														
	3														
 Sud Corea	1	0.75	200	2,4,6,8							...	30.06.2010	S2-motori Motori con convertitore (non pompe, ventilatori, soffiatori) Motori con protezione dalle esplosioni Motori non ventilati	Fino a 600 V	60 Hz
	2	45	200	2,4,6							01.01.2008				
		18.5	200	2,4,6,8							01.01.2010	31.12.2015			
		0.75	200	2,4,6,8							01.07.2010	31.12.2014			
		37	200	2,4,6,8							...	31.12.2014			
		15	200	2,4,6,8							...	31.12.2015			
		0.75	200	2,4,6,8							...	31.12.2016			
		0.75	30	2,4,6,8							01.01.2015				
		0.75	15	2,4,6,8							01.01.2016				
	3	37	200	2,4,6,8							01.01.2015	...			
		18.5	200	2,4,6,8							01.01.2016	...			
		0.75	200	2,4,6,8							01.01.2017	...			

La Guida è stata realizzata da:

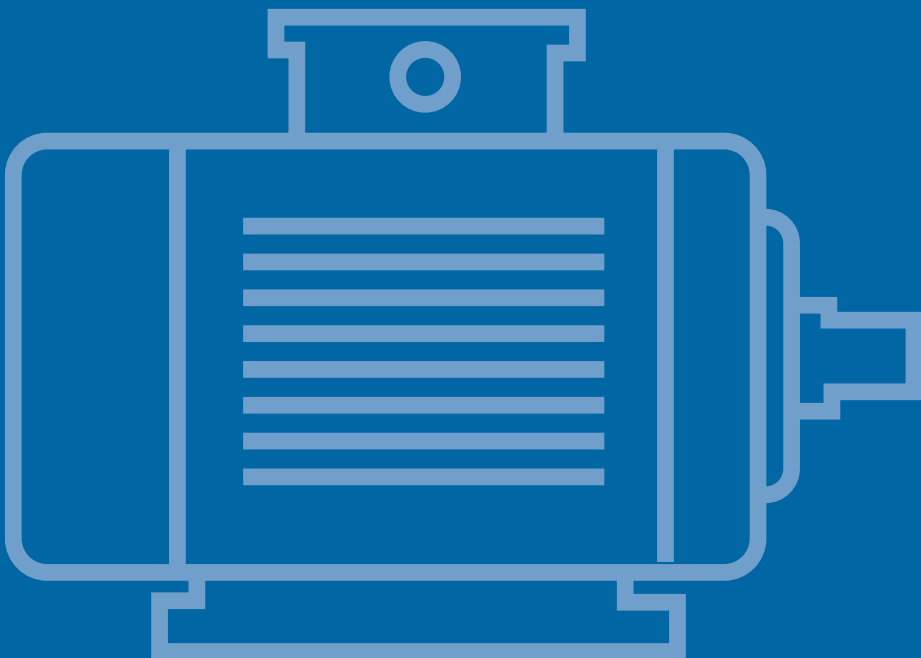


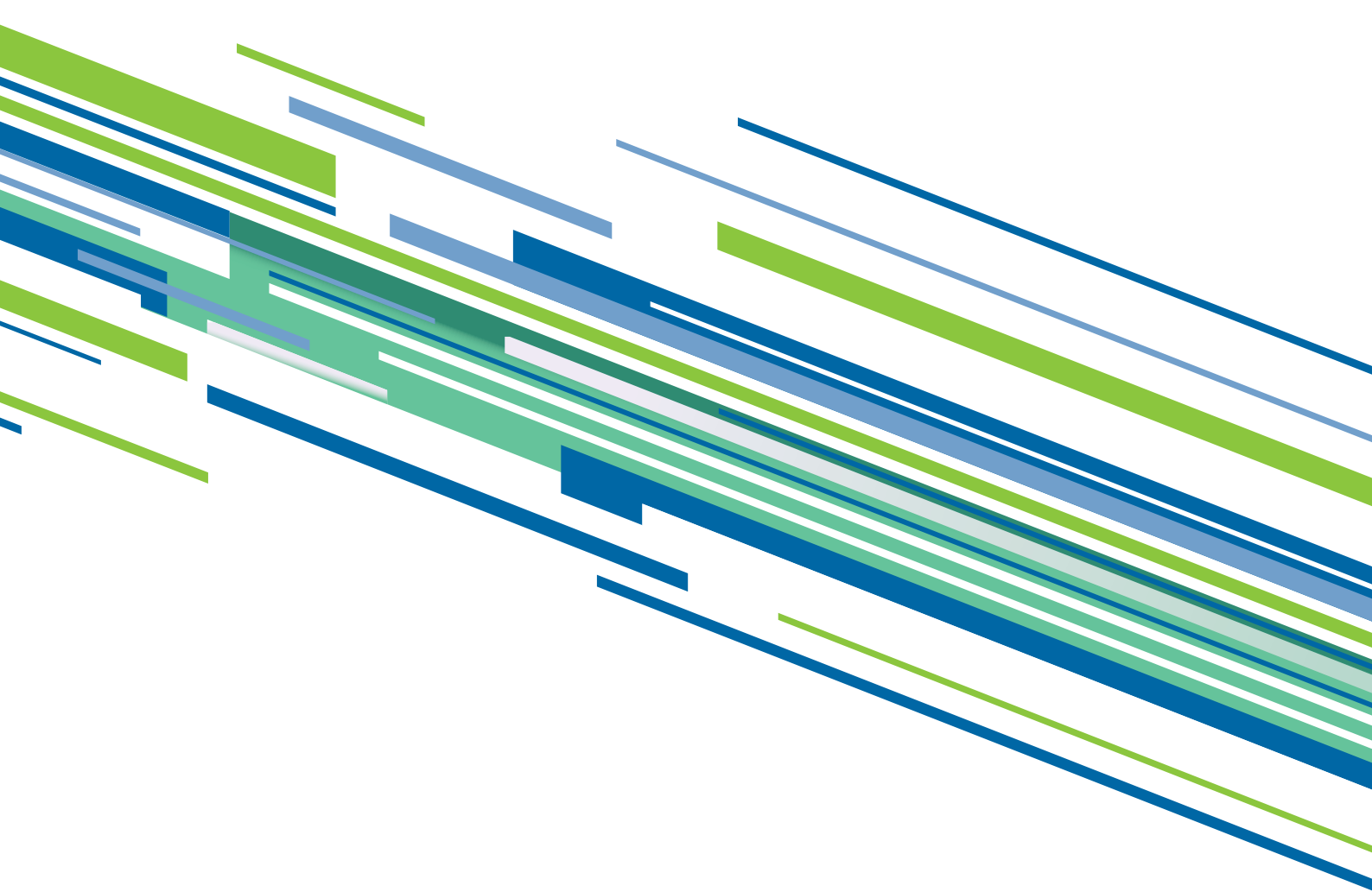
LE AZIENDE ASSOCIATE AI GRUPPI MOTORI ELETTRICI E AZIONAMENTI ELETTRICI











Federazione ANIE - Viale Lancetti, 43 / 20158 Milano / Tel. 02 3264.1 / Fax 02 3264.212

ANIE Automazione - Tel. 02 3264346 / Fax 02 32643277 / www.anieautomazione.it

ANIE Energia - Tel. 02 3264255 / Fax 02 3264217 / www.anienergia.it