

Allegato alla scheda tecnica n. 30E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

Introduzione

La scheda tecnica standard n. 11 "Installazione di motori a più alta efficienza" [1], è uno strumento impiegato dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas per calcolare il risparmio di energia dovuto all'installazione di motori elettrici ad alta efficienza in luogo di motori a minor efficienza.

L'emissione del Regolamento della Commissione N. 640/2009 del luglio 2009 e della norma tecnica CEI EN 60034-30 dell'ottobre 2009, hanno modificato sensibilmente i valori di riferimento (*baseline*) per i motori elettrici, elevando i livelli di efficienza minimi dei nuovi motori immessi sul mercato dell'Unione, ed ampliando il parco dei motori interessati dalle norme. Di conseguenza, risulta necessario adeguare alla nuova normativa la scheda tecnica standard attualmente impiegata per l'erogazione dei Titoli di Efficienza Energetica.

Per la stesura della presente proposta di nuova scheda tecnica standard sono state conservate tutte le considerazioni di natura elettrotecnica e le ipotesi di calcolo alla base della scheda tecnica n. 11, aggiornando le classi di rendimento secondo la CEI EN 60034-30, e i limiti minimi di efficienza secondo il Regolamento 640/2009. La tabella proposta è stata infine semplificata per quanto riguarda il numero di poli e le classi di potenza secondo lo stesso principio seguito nella vecchia scheda.

Il nuovo quadro normativo di riferimento

Il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) ha emesso, nell'ottobre 2009, la norma tecnica CEI EN 60034-30 "Classi di rendimento dei motori asincroni trifase con rotore a gabbia ad una sola velocità (Codice IE)" [2]. Tale norma, recependo l'omologa norma europea EN 60034-30, definisce delle nuove classi di efficienza per i motori elettrici (IE1, IE2 ed IE3), stabilendone il rendimento minimo al variare della potenza e del numero di poli. Si noti che tale norma estende¹ notevolmente la portata della standardizzazione rispetto alla precedente classificazione CEMEP, interessando ora motori di potenze variabili fra 0,75 kW a 375 kW, e con configurazioni polari di 2, 4 o 6 poli.

L'Unione Europea ha approvato, il 22 luglio 2009, il Regolamento² della Commissione N. 640/2009 "recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici" [3]. Il Regolamento fa riferimento alle classi di efficienza IE definite dalla EN 60034-30, e riguarda i motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo con le seguenti caratteristiche tecniche³:

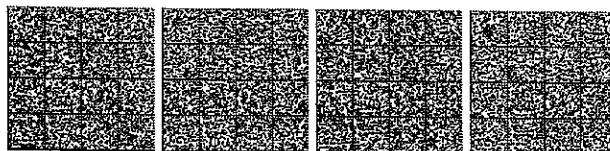
- senza variatori di velocità;
- frequenza di lavoro pari a 50 o 60 Hz;
- tensione nominale massima di 1000 V;
- 2, 4 o 6 poli;
- Potenza nominale compresa tra 0,75 kW e 375 kW.

Tale vincolo riguarda tutti i motori elettrici immessi in commercio, anche se integrati in altri prodotti, a meno che l'integrazione non sia tale da impedire di testarne le prestazioni energetiche in modo autonomo. Motori progettati espressamente per funzionamenti particolari (es. completamente immersi in un liquido, per temperature dell'aria superiori a 40 °C etc., sono esclusi (cfr. Art. 1 del Regolamento).

¹ La superata classificazione CEMEP del 1999 (eff1, eff2 ed eff3) interessava macchine di potenze tra 1,1 kW e 90 kW, con 2 e 4 poli.

² Il Regolamento è un atto normativo europeo direttamente applicabile e valido in tutti gli Stati Membri, senza necessità di recepimento dalla legge nazionale.

³ Le caratteristiche sono considerate per un funzionamento continuo.



Tale Regolamento impone dei requisiti minimi di efficienza per i motori immessi in commercio su tutto il territorio dell'Unione: a partire dal 16 giugno 2011 il livello minimo di efficienza deve essere almeno pari a quello della classe IE2. Inoltre, il Regolamento definisce la classe IE3 come "la migliore tecnologia disponibile sul mercato".

Tali imposizioni di legge innalzano la *baseline* cui fanno attualmente riferimento i calcoli della Scheda tecnica standard n. 11, che deve di conseguenza essere aggiornata.

Si noti infine che il Regolamento 640/2009 richiede un'efficienza minima crescente nel tempo; questo pone implicitamente anche dei limiti di validità alla scheda tecnica proposta nel presente documento. Infatti, a partire dal 1-1-2015, il Regolamento impone ai motori di potenza compresa tra 7,5 kW e 375 kW, un livello minimo di efficienza che da IE2 passi a IE3 (la massima oggi possibile), oppure classe IE2 con variatori di velocità. Questo farebbe quindi decadere la validità della presente scheda per i motori compresi in tale intervallo di potenza, alla data del 1-1-2015.

La presente scheda tecnica rimarrebbe invece valida per i motori di potenza inferiore ai 7,5 kW fino alla data del 31-12-2016. A partire dal 1-1-2017, infatti, il Regolamento impone come minimo la classe di efficienza IE3 (oppure IE2 con inverter) per tutti i motori, quindi la scheda perderebbe di significato anche per questi ultimi.

Calcolo del Risparmio energetico

Come illustrato nel paragrafo precedente, dalla data del 16 giugno 2011 vi sono solo due classi di rendimento possibili per i motori elettrici trifase a bassa tensione: la classe di rendimento minimo IE2 e la classe di rendimento massimo IE3.

Il risparmio energetico annuale R , conseguibile dall'installazione di un motore ad alta efficienza IE3 al posto di un motore con efficienza minima IE2, può quindi essere determinato attraverso la seguente formula:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}) \quad (1)$$

Dove:

R : risparmio annuo di energia elettrica (kWh);

P : potenza di targa del motore (kW);

C_c : coefficiente di carico del motore, cioè la percentuale rispetto al pieno carico alla quale lavora il motore;

h : numero di ore annuo dell'attività produttiva a cui si fa riferimento (h/a);

C_u : coefficiente di utilizzo del motore, cioè la percentuale di ore di lavoro dello stabilimento per cui il motore viene impiegato;

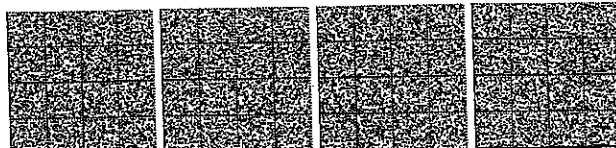
η_{IE2} : rendimento di un motore con livello di efficienza (minima) IE2;

η_{IE3} : rendimento di un motore con livello di efficienza (massima) IE3.

Per semplificare la notazione grafica, è possibile rappresentare la differenza $(1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$ con un parametro CR, il Coefficiente di Risparmio derivante dalla sostituzione di un motore IE2 (normale) con un motore IE3, a maggior efficienza. Con tale notazione la formula (1) diventa:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot C \quad (2)$$

Allo scopo di proporre una scheda standard semplificata per il calcolo del risparmio energetico R , è possibile quantizzare i parametri delle formule (1) e (2) sopra indicate. Il risultato sarà una scheda standard che fornisce dei valori approssimati, ma calcolabili in modo omogeneo da tutti gli utenti. Nei paragrafi successivi verranno quindi proposte delle semplificazioni nel calcolo del numero di ore di funzionamento h , nel Coefficiente di Risparmio CR dovuto alla scelta di un motore di maggior rendimento, nei fattori di carico C_c e di utilizzazione C_u .



Numero di ore di funzionamento

Il numero di ore di funzionamento annuo "h" del motore di cui si vuole calcolare il risparmio energetico dipende dal numero dei turni lavorativi adottati dall'industria ove il motore è installato, quindi dal tipo di attività produttiva. Volendo adottare la stessa terminologia già impiegata nella precedente Scheda tecnica n. 11 (Cfr. [1]) si definisce:

Attività industriale con 1 turno di lavoro:

attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque o sei giorni la settimana. Considerate le fermate programmate questo corrisponde ad un numero di ore anno compreso tra 1760 e 2200. Nei calcoli verrà impiegato il valore di 2000 ore.

Attività industriale con 2 turni di lavoro:

attività che si svolgono in due turni giornalieri di otto ore ciascuno per cinque o sei giorni la settimana, corrispondenti ad un numero di ore anno compreso tra 3520 e 4400. Nei calcoli verrà impiegato il valore di 4000 ore.

Attività industriale con 3 turni di lavoro:

attività che si svolgono in tre turni giornalieri di otto ore ciascuno per sette giorni la settimana (non essendoci normalmente l'interruzione della domenica), corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 7680.

Attività industriale stagionale:

attività che si svolgono per un periodo di tre mesi di lavoro continuato, per un numero di ore di lavoro giornaliera pari a 24, corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 2160.

Rendimento dei motori e Coefficiente di Risparmio

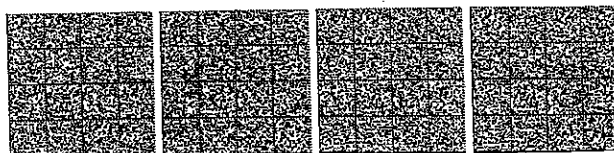
Nelle formule precedentemente esposte, è possibile vedere come il Risparmio energetico dovuto all'impiego di un motore elettrico di classe IE3 rispetto ad un motore di classe IE2, sia proporzionale al Coefficiente di Risparmio $CR = (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$.

Per praticità di consultazione, riportiamo nelle sottostanti Tabelle 1, 2 e 3 i valori dei rendimenti standard definiti dalla norma CEI EN 60034-30 per le classi di efficienza IE2 ed IE3, insieme al relativo valore di CR, per i casi di motori a 2, 4 e 6 poli.



Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ($1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$)
0,75	77,4	80,7	3,3	0,0528
1,1	79,6	82,7	3,1	0,0471
1,5	81,3	84,2	2,9	0,0424
2,2	83,2	85,9	2,7	0,0378
3	84,6	87,1	2,5	0,0339
4	85,8	88,1	2,3	0,0304
5,5	87,0	89,2	2,2	0,0283
7,5	88,1	90,1	2,0	0,0252
11	89,4	91,2	1,8	0,0221
15	90,3	91,9	1,6	0,0193
18,5	90,9	92,4	1,5	0,0179
22	91,3	92,7	1,4	0,0165
30	92,0	93,3	1,3	0,0151
37	92,5	93,7	1,2	0,0138
45	92,9	94,0	1,1	0,0126
55	93,2	94,3	1,1	0,0125
75	93,8	94,7	0,9	0,0101
90	94,1	95,0	0,9	0,0101
110	94,3	95,2	0,9	0,0100
132	94,6	95,4	0,8	0,0089
160	94,8	95,6	0,8	0,0088
da 200 a 375	95,0	95,8	0,8	0,0088

Tabella 1 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 2 poli.



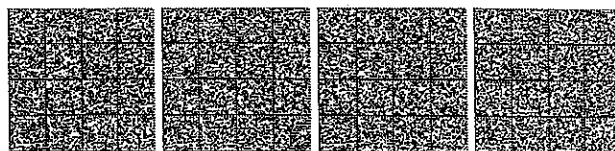
Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ($1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$)
0,75	79,6	82,5	2,9	0,0442
1,1	81,4	84,1	2,7	0,0394
1,5	82,8	85,3	2,5	0,0354
2,2	84,3	86,7	2,4	0,0328
3	85,5	87,7	2,2	0,0293
4	86,6	88,6	2,0	0,0261
5,5	87,7	89,6	1,9	0,0242
7,5	88,7	90,4	1,7	0,0212
11	89,8	91,4	1,6	0,0195
15	90,6	92,1	1,5	0,0180
18,5	91,2	92,6	1,4	0,0166
22	91,6	93,0	1,4	0,0164
30	92,3	93,6	1,3	0,0150
37	92,7	93,9	1,2	0,0138
45	93,1	94,2	1,1	0,0125
55	93,5	94,6	1,1	0,0124
75	94,0	95,0	1,0	0,0112
90	94,2	95,2	1,0	0,0112
110	94,5	95,4	0,9	0,0100
132	94,7	95,6	0,9	0,0099
160	94,9	95,8	0,9	0,0099
da 200 a 375	95,1	96,0	0,9	0,0099

Tabella 2 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 4 poli.



Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ($1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$)
0,75	75,9	78,9	3,0	0,0501
1,1	78,1	81,0	2,9	0,0458
1,5	79,8	82,5	2,7	0,0410
2,2	81,8	84,3	2,5	0,0363
3	83,3	85,6	2,3	0,0323
4	84,6	86,8	2,2	0,0300
5,5	86,0	88,0	2,0	0,0264
7,5	87,2	89,1	1,9	0,0245
11	88,7	90,3	1,6	0,0200
15	89,7	91,2	1,5	0,0183
18,5	90,4	91,7	1,3	0,0157
22	90,9	92,2	1,3	0,0155
30	91,7	92,9	1,2	0,0141
37	92,2	93,3	1,1	0,0128
45	92,7	93,7	1,0	0,0115
55	93,1	94,1	1,0	0,0114
75	93,7	94,6	0,9	0,0102
90	94,0	94,9	0,9	0,0101
110	94,3	95,1	0,8	0,0089
132	94,6	95,4	0,8	0,0089
160	94,8	95,6	0,8	0,0088
da 200 a 375	95,0	95,8	0,8	0,0088

Tabella 3 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 6 poli.



Ipotesi semplificativa sul numero di poli

Se si intende realizzare una scheda standard basata su dati tabellari che conservi lo stesso dettaglio fornito dalla norma, è necessario adottare tre differenti tabelle con i valori di CR sopra riportati per i tre casi di motori a 2, 4 e 6 poli.

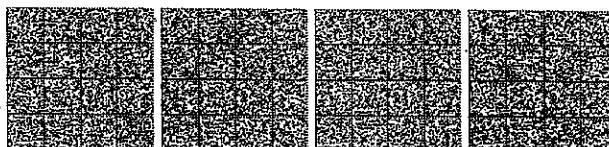
Considerando che la gran parte dei motori installati è a 4 poli (cfr. [4]), si può invece pensare di semplificare il problema adottando una unica tabella standard per tutti i tipi di motori, facendo sempre riferimento ai valori di CR del caso a 4 poli, anche per motori a 2 e 6 poli. Questa soluzione semplificativa, coerente con quella impiegata nella precedente versione della scheda standard n.11, potrebbe essere adottata al costo di un certo errore. Nella sottostante Tabella 4 si riporta l'errore relativo percentuale (E%) introdotto nel calcolo di CR nell'ipotesi di adottare, come riferimento, i valori di CR relativi ai 4 poli per tutti i tipi di motori. I valori di E% negativi indicano una sottostima del CR mentre i valori di E% positivi una sovrastima del CR.

Potenza [kW]	Coefficienti di Risparmio CR			Errore relativo [%]		
	2 poli	4 poli	6 poli	2 poli	4 poli	6 poli
0.75	0,0528	0,0442	0,0501	-20	0	-13
1.1	0,0471	0,0394	0,0458	-19	0	-16
1.5	0,0424	0,0354	0,0410	-20	0	-16
2.2	0,0378	0,0328	0,0363	-15	0	-10
3.0	0,0339	0,0293	0,0323	-16	0	-10
4.0	0,0304	0,0261	0,0300	-17	0	-15
5.5	0,0283	0,0242	0,0264	-17	0	-9
7.5	0,0252	0,0212	0,0245	-19	0	-15
11	0,0221	0,0195	0,0200	-13	0	-2
15	0,0193	0,0180	0,0183	-7	0	-2
18	0,0179	0,0166	0,0157	-8	0	5
22	0,0165	0,0164	0,0155	-1	0	6
30	0,0151	0,0150	0,0141	-1	0	6
37	0,0138	0,0138	0,0128	0	0	7
45	0,0126	0,0125	0,0115	0	0	8
55	0,0125	0,0124	0,0114	-1	0	8
75	0,0101	0,0112	0,0102	10	0	9
90	0,0101	0,0112	0,0101	10	0	10
110	0,0100	0,0100	0,0089	0	0	11
132	0,0089	0,0099	0,0089	11	0	11
160	0,0088	0,0099	0,0088	11	0	11
Da 200 a 375	0,0088	0,0099	0,0088	11	0	11

Tabella 4 – Errore introdotto dal considerare il CR del caso “4 poli” per tutti i tipi di motori.

Ipotesi semplificativa sulle classi di potenza

Tutte le tabelle sopra riportate sono caratterizzate dalla classificazione dei motori basata sulle 22 classi di potenza impiegate nella norma CEI 60034-30. Allo scopo di semplificare ulteriormente la scheda standard, si può pensare di raggruppare queste 22 classi di potenza in un numero minore di classi, seguendo lo stesso principio dell'errore accettabile adottato nella Scheda Tecnica n.11 (ove le classi di potenza erano 7). In questo modo si avrebbero soltanto 8 classi di potenza. Gli errori percentuali introdotti da tale assunzione sono riportati nella sottostante Tabella 5. I valori negativi



indicano una sottostima del CR e quindi dei benefici accreditati con la scheda standard, mentre i valori positivi indicano una sovrastima. Per coerenza con l'ipotesi semplificativa precedente, si è impiegato come riferimento il valore di CR del caso a 4 poli. Il CR utilizzato come riferimento corrisponde a quello più basso, per il 4 poli, nell'intervallo di potenza considerato (ipotesi conservativa). I valori di CR rappresentativi delle classi di potenza, che verranno impiegati nella scheda standard, sono evidenziati in grassetto nella Tabella 5.

Potenza [kW]	classe di P [kW]	Coefficienti di Risparmio CR			Errore relativo [%]		
		2 poli	4 poli	6 poli	2 poli	4 poli	6 poli
0.75	$P \leq 1,1$	0,0528	0,0442	0,0501	-25	-11	-21
1.1	$P \leq 1,1$	0,0471	0,0394	0,0458	-16	0	-14
1.5	$1,1 < P \leq 2,2$	0,0424	0,0354	0,0410	-22	-7	-20
2.2	$1,1 < P \leq 2,2$	0,0378	0,0328	0,0363	-13	0	-9
3.0	$2,2 < P \leq 4$	0,0339	0,0293	0,0323	-23	-11	-19
4.0	$2,2 < P \leq 4$	0,0304	0,0261	0,0300	-14	0	-13
5.5	$4 < P \leq 7,5$	0,0283	0,0242	0,0264	-25	-12	-20
7.5	$4 < P \leq 7,5$	0,0252	0,0212	0,0245	-16	0	-13
11	$7,5 < P \leq 15$	0,0221	0,0195	0,0200	-19	-8	-10
15	$7,5 < P \leq 15$	0,0193	0,0180	0,0183	-7	0	-2
18	$15 < P \leq 30$	0,0179	0,0166	0,0157	-16	-9	-4
22	$15 < P \leq 30$	0,0165	0,0164	0,0155	-9	-8	-3
30	$15 < P \leq 30$	0,0151	0,0150	0,0141	-1	0	7
37	$30 < P \leq 55$	0,0138	0,0138	0,0128	-10	-10	-3
45	$30 < P \leq 55$	0,0126	0,0125	0,0115	-1	-1	8
55	$30 < P \leq 55$	0,0125	0,0124	0,0114	-1	0	9
75	$55 < P \leq 375$	0,0101	0,0112	0,0102	-3	-12	-3
90	$55 < P \leq 375$	0,0101	0,0112	0,0101	-3	-12	-3
110	$55 < P \leq 375$	0,0100	0,0100	0,0089	-2	-2	11
132	$55 < P \leq 375$	0,0089	0,0099	0,0089	11	0	11
160	$55 < P \leq 375$	0,0088	0,0099	0,0088	12	0	12
Da 200 a 375	$55 < P \leq 375$	0,0088	0,0099	0,0088	12	0	12

Tabella 5 – Errore introdotto dall'accorpamento delle classi di potenza.

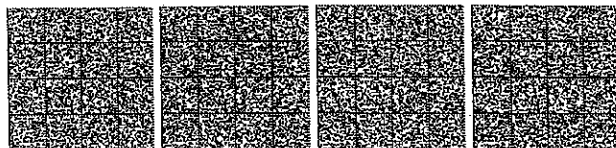
Coefficienti di carico e di utilizzazione

Coefficiente di carico del motore

Per vari motivi, i motori elettrici vengono spesso dimensionati per potenze più grandi di quelle strettamente necessarie allo svolgimento dei loro compiti. In generale, un motore lavora quindi ad una frazione della sua potenza di targa secondo un certo coefficiente di carico C_c . Questo valore varia notevolmente da caso a caso; per semplificare le valutazioni di risparmio energetico si propone di adottare un valore costante di $C_c = 0,75$.

Coefficiente di utilizzazione del motore

All'interno di uno stabilimento industriale, motori preposti ad usi diversi possono venire utilizzati per un numero di ore diverse, di norma inferiore al numero di ore di funzionamento dello stabilimento stesso, secondo un certo fattore di utilizzazione C_u . Il tempo di utilizzazione effettivo



può variare notevolmente; nei calcoli di risparmio energetico adotteremo l'ipotesi semplificativa di considerare sempre un valore di $C_u = 1$.

Tabella del Risparmio Specifico Lordo RSL da porre nella scheda tecnica standard

Attraverso le formule (1) e (2) in precedenza esposte è possibile calcolare il risparmio annuo R di energia elettrica (in kWh), ottenibile dall'installazione di un motore in classe di efficienza IE3, anziché un motore in classe IE2, per motori a 2, 4 o 6 poli⁴.

Per convertire questo risparmio in termini di energia primaria il valore di R va moltiplicato per il fattore $\text{tep/kWh} = 0,187 \cdot 10^{-3}$, come richiesto dall'Agenzia per l'Energia Elettrica ed il Gas [5].

Il risultato è un Risparmio Lordo di energia primaria RL (espresso in tep) pari a:

$$RL = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot CR \cdot 0,187 \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Volendo esprimere il Risparmio Lordo RL in funzione della potenza P del motore installato e volendo raccogliere tutte le altre variabili in un unico fattore RSL la formula (3) diventa la seguente:

$$RL = P \cdot RSL \quad (4)$$

Nell'ipotesi di adottare le ipotesi semplificative suggerite ai paragrafi precedenti i fattori C_c , h , C_u e CR possono essere quantizzati e i valori possibili di RSL possono essere posti in una apposita tabella (Tabella 6), parametrizzata in funzione di h , come nella precedente scheda standard N. 11.

⁴ Per motori con un numero di poli maggiore di 6 la normativa non definisce le classi di efficienza IE.

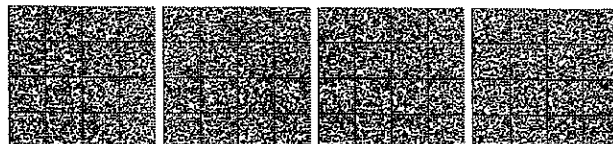


Tabella 6 – Tabella RSL aggiornata

Tipologia attività → Classi di P[kW] ↓	RSL (tep/anno/kW)			
	Industriale 1 turno di lavoro (h=2000)	Industriale 2 turni di lavoro (h=4000)	Industriale 3 turni di lavoro (h = 7680)	Industriale stagionale (h=2160)
P ≤ 1,1	0.0111	0.0221	0.0425	0.0119
1,1 <P ≤ 2,2	0.0092	0.0184	0.0354	0.0099
2,2 <P ≤ 4	0.0073	0.0146	0.0281	0.0079
4 <P ≤ 7,5	0.0059	0.0119	0.0228	0.0064
7,5 <P ≤ 15	0.0050	0.0101	0.0194	0.0054
15 <P ≤ 30	0.0042	0.0084	0.0162	0.0046
30 <P ≤ 55	0.0035	0.0070	0.0134	0.0038
55 <P ≤ 375	0.0028	0.0055	0.0106	0.0030

Si rammenta che per il calcolo dei valori di RSL sono stati considerati:

- un numero di ore di funzionamento annuo h;
- dei valori di $CR = (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$ calcolati secondo la nuova normativa, semplificati per un caso di riferimento dei 4 poli e per sole 8 classi di potenza;
- i valori di $Cr = 0,75$ e di $Cu = 1$;
- un coefficiente tep/kWh pari a $0.187 \cdot 10^{-3}$

La Tabella 6 presenta quindi i nuovi valori di RLS, che possono essere impiegati per il calcolo standardizzato del risparmio di energia primaria, in una nuova scheda tecnica standard relativa ai motori elettrici ad alta efficienza. I valori proposti considerano le modificazioni normative introdotte dalla CEI EN 60034-30 e dal Regolamento Europeo 640/2009, seguendo le semplificazioni illustrate nei paragrafi precedenti.

Si noti che, a seguito dei livelli di efficienza minima crescenti nel tempo come richiesto dal Regolamento 640/2009, la validità di tale scheda, per motori di potenza compresa tra 7,5 kW e 375 kW, verrà meno alla data del 1-1-2015. Per motori di potenza inferiore ai 7,5 kW, invece, la presente scheda standard scadrà alla data del 1-1-2017.

Riferimenti bibliografici

- 1] Scheda Tecnica n.11 "Installazione di motori elettrici a più alta efficienza", Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas
- 2] Norma tecnica CEI EN 60034-30 "Classi di rendimento dei motori asincroni trifase con rotore a gabbia ad una sola velocità (Codice IE)", Comitato Elettrotecnico Italiano, 2009.
- 3] Regolamento della Commissione N. 640/2009 del 22 luglio 2009 "recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici", Commissione Europea, 2009.
- 4] "Motori elettrici e variatori di velocità: ridurre i consumi energetici". Sigfrido Vignati ENEA - AEIT 2008.
- 5] Delibera EEN 3/08, "Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica". Agenzia per l'Energia Elettrica ed il Gas, 2008

