ارزیابی پتانسیل صرفه‌جویی انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست در آبگرمکن‌های برقی خانگی

حمیدرضا حقگو*[۱]، سعید پارسا[۱]، رضا عفت‌نژاد[۲]، گلنار حجازی[۱]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۸/۶/۲۹
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۸/۸/۵

چکیده:

در این مقاله پتانسیل صرفه جویی انرژی در آبگرمکن های برقی خانگی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از صرفه جویی مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا بر اساس استانداردهای بین المللی، پارامترهای موثردر آبگرمکن های برقی و روش های اندازه‌گیری آن مشخص گردید. سپس تعدادی از آبگرمکن های ساخت داخل با ظرفیت های متفاوت انتخاب شد و براساس معیارهای تعیین شده مورد آزمایش قرار گرفت. اطلاعات بدست آمده از آزمایش‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت. از داده‌های به دست آمده با استفاده از رگرسیون منحنی مناسب بدست آمد. سپس با توجه به کمترین و بیشترین مقدار مصرف انرژی و منحنی بدست آمده هفت ناحیه متفاوت برای تعیین رده مصرف انرژی برای ظرفیت‌های مختلف مشخص شد.

پتانسیل صرفه‌جویی آبگرمکن‌های برقی داخلی که عایق‌کاری ندارد در مقایسه با آبگرمکن‌های برقی مورد مطالعه در اتحادیه اروپا که عایق‌کاری دارد، انجام شده است. میزان اتلاف این آبگرمکن‌ها با چند جمله ای مدل‌سازی شده و با هم مقایسه شده است.

براساس این معیار، برچسب انرژی و میزان صرفه جویی فنی و اقتصادی از دیدگاه مصرف کننده و از دیدگاه اقتصاد ملی و تاثیرات زیست محیطی ناشی از صرفه جویی انرژی در آبگرمکن های برقی خانگی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی:
آبگرمکن برقی خانگی، صرفه جویی فنی و اقتصادی، زیست‌محیطی، معیار مصرف انرژی

۱) پژوهشگاه مواد و انرژی
۲) دانشگاه آزاد اسلامی ـ واحد کرج
* نویسندهٔ مسئول
hrhaghgou@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

مقدمه

انرژی همواره محرک زندگی بشر بوده و هست. بیشتر فعالیت‌های روزمره بر استفاده از انرژی استوار شده است. رشد جمعیت و گزارش جوامع روستایی به الگوهای زندگی شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها و افزایش فعالیت‌های صنعتی موجب افزایش مصرف انرژی شده و از این رو، تقاضای انرژی در جهان افزایش یافته است. یکی از روش‌های مدیریت تقاضای انرژی تعیین استاندارد مصرف و برچسب انرژی تجهیزات انرژی‌بر یا انرژی‌خوار است. این روش به ویژه در دستگاه‌هایی که در بخش خانگی ـ تجاری کاربرد دارد، بیشتر استفاده می‌شود، زیرا تجهیزات انرژی‌خوار در بخش خانگی ـ تجاری بخش قابل ملاحظه‌ای از مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد[۱۷،۱۵،۱۳].

آبگرمکن های برقی مخزن‌دار خانگی از جمله وسایلی است که در استانداردهای جهانی، روش‌های اندازه‌گیری و تعیین میزان مصرف انرژی آن ارائه شده است. در استاندارد IEC379 و استاندارد ملی ایران برای آبگرمکن های برقی شرایط آزمایش و موارد آزمایش ارائه شده است[۱۰،۱۱].

شرایط عمومی روش‌های اندازه گیری

شرایط عمومی اندازه‌گیری در خصوص آبگرمکن برقی شامل موارد زیر است[۴،۲،۱]

- اندازه‌گیری در اتاق بدون جریان هوا باشد. (بدون همرفت یا کنوکسیون)
- دمای محیط ۲±۲۰ سانتیگراد باشد.
- رطوبت نسبی هوا بیش از ۸۵ درصد نباشد.
- مقادیر دما و رطوبت نسبی فقط در شرایط پایدار قابل قبول است و در شرایطی که آب گرم از آبگرمکن خارج می‌شود، قابل قبول نیست.
- اندازه‌گیری در توان نامی انجام شود.
- در شرایطی که آب گرم است. ولتاژ باید، در حد مقدار نامی باشد و تغییرات آن بیش از ۵ درصد نباشد.
- در صورت امکان در فرکانس نامی انجام شود.
- آب ورودی در دمای ۲±۱۵ سانتیگراد باشد و از منبعی با فشار ثابت تامین شود، و نصب آن طبق نظر سازنده (آبگرمکن) باشد.
- تنظیم دماپای یا ترموستات آبگرمکن به گونه‌ای باشد که دمای متوسط آب ۳±۶۵ سانتیگراد باشد. تنظیم دماپای یا ترموستات در زمان اندازه‌گیری ثابت بماند.
- آبگرمکن‌های ایستاده، روی کف اتاق قرار می‌گیرد. کف کاذب نیز می‌تواند برای انجام بهتر اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

اندازه‌گیری دمای آب بدون آن که آبی از آبگرمکن خارج شود توسط ترموکوپل انجام می‌شود که در داخل محفظه در قسمت بالا قرار داده شده است. دمای متوسط آب بعد از قطع دما پای یا ترموستات (θ_A) برابر متوسط n مقدار دمای θ_{Ai} است که پس از قطع دماپای یا ترموستات ثبت شده باشد و از فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$\theta_A = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \theta_{Ai}}{n} \quad (۱)$$

دمای متوسط آب بعد از وصل دماپای یا ترموستات (θ_E) برابر متوسط n مقدار دمای θ_{Ei} است که بعد از وصل دماپای یا ترموستات ثبت شده باشد و از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\theta_E = \frac{\sum_{i=1}^{n} \theta_{Ei}}{n} \quad (۲)$$

- اندازه‌گیری دمای آب، در جریان دائمی آب خروجی انجام می‌شود. دمای اندازه‌گیری شده با دقت ۰/۵K± است و اگر از دماسنج یا ترمومتر استفاده می‌شود باید از نوعی باشد که در هر وضعی با سرعت و دقت، دما را ثبت نماید. خواندن دما مستمر می‌باشد و یا ممکن است در فواصل مساوی در مدت تخلیهٔ آب باشد. برای نمونه، ده مرتبه خواندن در ۵ درصد و ۱۵ درصد و ... از ظرفیت نامی می‌تواند باشد.
- اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی به‌وسیله کنتور انجام می‌شود که بر حسب کیلووات ساعت و تا حدود ۰/۰۱ کیلووات ساعت را ثبت می‌نماید.

اتلاف انرژی در ۲۴ ساعت

در این آزمایش، آبگرمکن از آب پر می‌شود، سپس جریان برق برقرار می‌شود تا دماپای یا ترموستات چند سیکل کار کند و شرایط پایدار به‌دست آید. در شروع و پایان قطع ترموستات، انرژی مصرف شده E_1 در زمان t_1 (برحسب ساعت) برای دوره‌ای که کمتر از ۴۸ ساعت نباشد، اندازه‌گیری می‌شود. دمای آب θ_{Ei} در هر وصل ترموستات و دمای θ_{Ai} در هر قطع ترموستات به‌وسیله ترموکوپل اندازه‌گیری می‌شود. میزان مصرف انرژی E در مدت زمان ۲۴ ساعت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{E_1 \times 24}{} \quad (۳)$$

و دمای متوسط آب (θ_M) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\theta_M = \frac{\theta_A + \theta_E}{2} \quad (۴)$$

اتلاف انرژی در مدت زمان ۲۴ ساعت (Q_{pr}) از رابطه زیر به‌دست خواهد آمد:

$$Q_{Pr} = \frac{45}{\theta_M - \theta_{amb}} \times E \quad (۵)$$

Q_{pr} بر حسب کیلووات ساعت در ۲۴ ساعت است که برای افزایش دمای آب به میزانK ۴۵ محاسبه می‌شود و برای مقادیر بزرگتر یا مساوی یک کیلووات ساعت با دقت ۰/۱ کیلووات ساعت اندازه‌گیری و بیان می‌شود.

بر اساس موارد مندرج در استاندارد مذکور نمونه های آبگرمکن های برقی ساخت کشور مورد آزمایش قرار گرفت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

نتایج آزمایش ها

نمونه‌های مورد نظر که جمعا ۱۲ مورد را شامل می‌شود با توجه به معیارهای تعیین شده بر اساس استاندارد IEC379-1986 در آزمایشگاه ملی صرفه‌جویی مورد آزمایش قرار گرفت و حجم واقعی با آبگیری مخزن مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است[۹،۷]. برای رسیدن به شرایط پایدار، آبگرمکن‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاه قرار داده شد. اتلاف انرژی نیز بر اساس استاندارد در مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد بنابراین، پس از پر شدن آبگرمکن از آب سرد ورودی، آزمایش به مدت ۷۲ ساعت به طول انجامید و در آزمایش‌ها با اندازه‌گیری دمای آب در لحظهٔ قطع و وصل ترموستات میزان انرژی مصرفی و میزان انرژی اتلافی اندازه‌گیری شد. دمای محیط در محدوده ۲۰ سانتیگراد تنظیم شد. دمای میانگین آب در دوره آزمایش در آبگرمکن با توجه به استاندارد در محدوده ۲± ۶۵ سانتی‌گراد قرائت گردید[۱۴،۱۲].

بر اساس دماهای اندازه‌گیری شده میزان اتلاف انرژی در ۲۴ ساعت و میزان مصرف انرژی در ۲۴ ساعت وکل مصرف انرژی در طول آزمایش محاسبه شده است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج تجربی بدست آمده از آزمایش آبگرمکن‌های برقی

ردیف	کد آبگرمکن	ظرفیت واقعی (لیتر)	اتلاف انرژی (kWh/24h)	انرژی مصرفی (kWh/24h)	میانگین تغییرات دوره‌ای دما Δθ (°C)	میانگین‌دمای هوای‌اتاقک آزمون (°C)	میانگین دمای آب (°C)	انرژی مصرفی (kWh)	کل زمان سپری شده (ساعت)
۱	R120	۸۵	۴/۹	۴/۹۱	۰/۱۲	۲۰/۱	۶۵/۸	۱۴/۸	۷۲
۲	R150	۱۰۰	۶/۵	۶/۴	۰/۴	۲۰/۴	۶۶/۹	۱۹/۴	۷۲
۳	R200	۱۹۰	۸/۳	۸/۲	۰/۳۶	۲۰/۶	۶۵/۱	۳۴/۷	۷۲
۴	A120	۸۰	۳/۶۱	۳/۶۳	۰/۸۴	۲۰/۲	۶۵/۶	۱۰/۹	۷۲
۵	A150	۱۰۰	۴/۹	۴/۹	۰/۱۸	۲۰/۴۲	۶۵/۵۲	۱۵	۷۱/۹
۶	A200	۱۸۰	۷/۵۶	۷/۴۳	۱/۹	۲۰/۶	۶۴/۸	۲۲/۳۸	۷۲/۳
۷	B70	۵۸	۳/۸۱۷	۳/۸۸۲	۴/۲۱	۱۹/۷۴	۶۵/۵۱	۱۱/۶۴۷	۷۲
۸	B120	۱۰۰	۴/۷	۴/۶	۰/۲۹	۲۰/۵۳	۶۴/۵۴	۱۳/۷۷	۷۱/۹۲
۹	B120*	۱۰۰	۵/۳۸	۵/۱	۰/۵۵	۲۱/۱۵	۶۴/۵۴	۱۵/۳	۷۱/۹۶
۱۰	B150	۱۳۰	۶/۷۶۹	۶/۷۳۸	۰/۳۴	۲۰/۰۹	۶۴/۸۸	۲۰/۲۱۳	۷۲
۱۱	B200	۱۶۱	۶/۷۶	۷/۷۳	۰/۴۱	۱۹/۸۷	۶۴/۷۱	۲۳/۱۸	۷۱/۹۶
۱۲	I2000	۱۳۰	۵/۹	۵/۷	۰/۲۸	۲۰/۵	۶۴/۱۵	۱۷/۱	۷۲

روش تعیین منحنی مبنا و منحنی های رده بندی برای آبگرمکن‌های مورد آزمایش

میزان اتلاف انرژی بر حسب حجم آبگرمکن‌های آزمایش شده در یک نمودار آورده شده است. برای تعیین بهترین منحنی قابل عبور از داده‌های مذکور، منحنی های مختلفی بر داده‌ها درج شد. نظر به این که ارتباط مستقیم بین حجم مخزن آبگرمکن و میزان اتلاف انرژی در داده‌های آزمایشی ملاحظه شده است، منحنی ($y=a+bV^c$) که نسبت به منحنی‌های دیگر به داده‌های واقعی نزدیکتر و هموارتر بوده، انتخاب شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

منحنی درج شده نهایی به صورت زیر به دست آمده است:

$Y= a+bV^c$

a= ۱/۰۵۱۸۹۲۶۹۷۱۸

b= ۰/۰۵۹۹۳۱۹۸۸۱

c= ۰/۹۱۴۲۷۴۰۲

با توجه به ارزیابی‌های انجام شده، برای تعیین رتبه‌بندی حد سقف و کف برای مقادیر حداکثر و حداقل داده‌های آزمایشی در نظر گرفته شد و منحنی مذکور از این نقاط عبور داده شد. به دین ترتیب، محدوده سقف و کف رده‌بندی برای حجم‌های مختلف بدست آمد. فاصله بین کرانه بالایی و پایینی به هفت قسمت A تا G تقسیم‌بندی شد و رتبه‌های A تا G برای حجم‌های مختلف آبگرمکن‌های برقی برای ارائه برچسب مصرف انرژی ارائه گشت.

ارزیابی میزان صرفه جویی انرژی آبگرمکن‌های برقی

حجم محصولات در سال ۱۳۸۶ بر اساس آمار وزارت صنایع حدود ۱۵۹۰۰۰ دستگاه بوده است[۶]. میزان تولید بر اساس مجوزهای تولیدی صادر شده در وزارت صنایع حدود ۱۸۸۰۰۰ دستگاه در سال بوده است. با توجه به بازار مصرف آبگرمکن‌های برقی به نظر می‌رسد که در آینده (تا سال ۱۳۹۲) رشد تولید سالانه آبگرمکن‌های برقی حدود ۳/۵ درصد باشد. به این خاطر میزان تولید سالانه تا سال ۱۳۹۲ به صورت تخمینی در جدول زیر ارائه شده است[۱۷،۵،۳].

جدول ۲: پیش‌بینی میزان تولید در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲

سال	میزان تولید سالانه (دستگاه)
۱۳۸۶	۱۵۹۰۰۰
۱۳۸۷	۱۶۴۶۵۶
۱۳۸۸	۱۷۰۳۲۴
۱۳۸۹	۱۷۶۲۸۶
۱۳۹۰	۱۸۲۴۵۶
۱۳۹۱	۱۸۸۸۴۲
۱۳۹۲	۱۹۵۴۵۱

پتانسیل صرفه‌جویی آبگرمکن‌های برقی داخلی که عایقکاری ندارد در مقایسه با آبگرمکن‌های برقی مورد مطالعه در اتحادیه اروپا که با ۵ سانتی‌متر فوم پلی یورتان و با ضریب هدایت حرارتی $K =۰/۰۳۵ \ W/m^oK$ عایق‌کاری شده است، انجام پذیرفت. میزان اتلاف انرژی در این آبگرمکن‌ها با فرمول‌های ارائه شده مدل‌سازی شده است.

$$L =۰/۲+۰/۰۵۱V^{۲/۳} \quad (۶)$$

برای آبگرمکن عایق‌کاری شده اتحادیه اروپا

برای آبگرمکن‌های بدون عایق ساخت داخل

$$L =۱/۰۵۱۸+۰/۰۵۹۹V^{۰/۱۴۲۷} \quad (۷)$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

که L میزان اتلاف انرژی در ۲۴ ساعت برحسب کیلو وات ساعت است.

گفتنی است عایق‌کاری آبگرمکن‌های برقی مهم‌ترین عامل در صرفه‌جویی انرژی است. بنابراین، در صورتی که آبگرمکن‌های برقی ساخت داخل با ۵ سانتی‌متر فوم پلی یورتان با ضریب هدایت حرارتی $K=۰/۰۳۵W/m^{o}k$ عایق‌کاری شود، میزان اتلاف انرژی آن از فرمول های فوق بدست می‌آید.

هزینه میانگین تولید برق در سال ۱۳۸۶ مقدار ۴۴۰ ریال و هزینه میانگین برق مصرفی در سال ۱۳۸۶ برابر۱۹۰ ریال در نظر گرفته شده است. (به ترتیب با رشد ۲/۵ برای هزینه تولید و ۱۰ درصد برای هزینه برق مصرفی) این هزینه‌ها برای سال‌های آتی محاسبه شده و نتایج آن در جدول زیر ارائه شده است[۱۶،۷].

جدول(۳): هزینه میانگین تولید برق و هزینه میانگین مصرف برق در سال‌های مورد محاسبه

هزینه میانگین / سال	تولید برق (ریال)	برق مصرفی (ریال)
۱۳۸۶	۴۴۰	۱۹۰
۱۳۸۷	۴۵۱	۲۰۹
۱۳۸۸	۴۶۲	۲۳۰
۱۳۸۹	۴۷۴	۲۵۳
۱۳۹۰	۴۸۶	۲۷۸
۱۳۹۱	۴۹۸	۳۰۶
۱۳۹۲	۵۱۰	۳۳۷

جدول (۴): میزان صرفه‌جویی در مصرف برق به ازای ۵ سانتی‌متر عایق‌کاری و کارکرد شبانه‌روزی آبگرمکن برقی (هزینه هر کیلووات ساعت تولید برق در سال ۱۳۸۶ برابر ۴۴۰ ریال)

سال	تولید سالانه (دستگاه)	هزینه تولید برق (ریال)	هزینه برق مصرفی (ریال)	صرفه‌جویی در مصرف برق (میلیون کیلو وات ساعت)	کاهش سالانه پرداخت یارانه (میلیون ریال)	کاهش تجمعی پرداخت یارانه (میلیون ریال)	درآمد سالانه از صادرات برق (میلیون ریال)	درآمد تجمعی از صادرات برق (میلیون ریال)
۱۳۸۶	۱۵۹۰۰۰	۴۴۰	۱۹۰	–	–	–	–	–
۱۳۸۷	۱۶۴۵۶۵	۴۵۱	۲۰۹	۲۲۷/۷۷	۵۵۱۲۰/۳۴	۵۵۱۲۰/۳۴	۸۵۴۵۹/۳۰	۸۵۴۵۹/۳۰
۱۳۸۸	۱۷۰۳۲۴	۴۶۲	۲۳۰	۲۳۵/۷۴	۵۴۶۹۱/۶۸	۱۰۹۸۱۲/۰۲	۸۸۴۴۹/۶۵	۱۷۳۹۰۸/۹۵
۱۳۸۹	۱۷۶۲۸۶	۴۷۴	۲۵۳	۲۴۳/۹۹	۵۳۹۲۱/۷۹	۱۶۳۷۳۳/۸۱	۹۱۵۴۵/۰۵	۲۶۵۴۵۴
۱۳۹۰	۱۸۲۴۵۶	۴۸۶	۲۷۸	۲۵۲/۵۳	۵۲۵۲۶/۲۴	۲۱۶۲۶۰/۰۵	۹۴۷۴۹/۲۶	۳۶۰۲۰۳/۲۶
۱۳۹۱	۱۸۸۸۴۲	۴۹۸	۳۰۶	۲۶۱/۳۷	۵۰۱۸۳/۰۴	۲۶۶۴۴۳/۰۹	۹۸۰۶۶/۰۲	۴۵۸۲۶۹/۲۸
۱۳۹۲	۱۹۵۴۵۱	۵۱۰	۳۳۷	۲۷۰/۵۲	۴۶۷۹۹/۹۶	۳۱۳۲۴۳/۰۵	۱۰۱۴۹۹/۱۰	۵۵۹۷۶۸/۳۸

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

جدول ۵: میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت به ازای ۵ سانتیمتر عایقکاری و کارکرد شبانه‌روزی آبگرمکن برقی

سال	تولید سالانه (دستگاه)	کاهش سالانه مصرف سوخت (میلیون بشکه معادل نفت خام)	درآمد سالانه صادرات نفت (میلیون ریال)	درآمد تجمعی از صادرات نفت (میلیون ریال)
۱۳۸۶	۱۵۹۰۰۰	–	–	–
۱۳۸۷	۱۶۴۵۶۵	۰/۱۳۴۰۰۹	۱۱۰۶۱۷/۱۲	۱۱۰۶۱۷/۱۲
۱۳۸۸	۱۷۰۳۲۴	۰/۱۳۸۶۹۹	۱۱۴۴۸۷/۷۷	۲۲۵۱۰۴/۸۹
۱۳۸۹	۱۷۶۲۸۶	۰/۱۴۳۵۵۳	۱۱۸۴۹۴/۴۱	۳۴۳۵۹۹/۲۹
۱۳۹۰	۱۸۲۴۵۶	۰/۱۴۸۵۷۷	۱۲۲۶۴۱/۸۸	۴۶۶۲۴۱/۱۷
۱۳۹۱	۱۸۸۸۴۲	۰/۱۵۳۷۷۸	۱۲۶۹۳۵/۰۵	۵۹۳۱۷۶/۲۲
۱۳۹۲	۱۹۵۴۵۱	۰/۱۵۹۱۶۲	۱۳۱۳۷۸/۷۷	۷۲۴۵۵۴/۹۹

جدول ۶: میزان صرفه‌جویی در مصرف برق به ازای ۵ سانتیمتر عایقکاری و کارکرد آبگرمکن برقی فقط هفت ساعت در شبانه روز (هزینه هر کیلووات ساعت تولید برق در سال ۱۳۸۶ برابر ۴۴۰ ریال)

سال	تولید سالانه (دستگاه)	هزینه تولید برق (ریال)	هزینه برق مصرفی (ریال)	صرفه‌جویی در مصرف برق (میلیون کیلو وات ساعت)	کاهش سالانه پرداخت یارانه (میلیون ریال)	کاهش تجمعی پرداخت یارانه (میلیون ریال)	درآمد سالانه از صادرات برق (میلیون ریال)	درآمد تجمعی از صادرات برق (میلیون ریال)
۱۳۸۶	۱۵۹۰۰۰	۴۴۰	۱۹۰	–	–	–	–	–
۱۳۸۷	۱۶۴۵۶۵	۴۵۱	۲۰۹	۶۶/۴۳	۱۶۰۷۶/۰۶	۱۶۰۷۶/۰۶	۲۴۹۲۴/۵۴	۲۴۹۲۴/۵۴
۱۳۸۸	۱۷۰۳۲۴	۴۶۲	۲۳۰	۶۸/۷۶	۱۵۹۵۲/۳۲	۳۲۰۲۸/۳۸	۲۵۷۹۸/۷۵	۵۰۷۲۳/۲۹
۱۳۸۹	۱۷۶۲۸۶	۴۷۴	۲۵۳	۷۱/۱۶	۱۵۷۲۶/۳۶	۴۷۷۵۴/۷۴	۲۶۶۹۹/۲۳	۷۷۴۲۲/۵۲
۱۳۹۰	۱۸۲۴۵۶	۴۸۶	۲۷۸	۷۳/۶۵	۱۵۳۱۹/۲	۶۳۰۷۳/۹۴	۲۷۶۳۳/۴۸	۱۰۵۰۵۶
۱۳۹۱	۱۸۸۸۴۲	۴۹۸	۳۰۶	۷۶/۲۲۳	۱۴۶۳۶/۱۶	۷۷۷۱۰/۱	۲۸۶۰۱/۵	۱۳۳۶۵۷/۵
۱۳۹۲	۱۹۵۴۵۱	۵۱۰	۳۳۷	۷۸/۹۰	۱۳۶۴۹/۷	۹۱۳۵۹/۸	۲۹۶۰۳/۲۸	۱۶۳۲۶۰/۷۸

تخریب محیط زیست

برق یکی از حامل‌های انرژی است که در کشور ما، بخش عمده‌ای از آن در نیروگاه‌های سوخت فسیلی تولید می‌شود. فرآیند احتراق سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌ها منجر به انتشار گازهای آلاینده شده و اثرات تخریب‌کننده‌ای بر محیط‌زیست دارد. بر اساس آمارهای ارائه شده سهم نیروگاه‌های کشور در تولید آلاینده‌های NO_X، CO_2، SO_3، CH، SPM در سال

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

۱۳۸۴ به ترتیب برابر ۱۱/۸، ۱۸/۲، ۲۵/۱، ۲۳/۵، ۰/۳ و ۵ درصد بوده است. سهم تولید CO در نیروگاه‌های کشور در سال مذکور بسیار ناچیز بوده است. بر اثر تولید گازهای آلاینده صدماتی به اکوسیستم و بهداشت و سلامت افراد جامعه و ساختارهای فیزیکی از جمله ساختمان‌ها و بناهای مختلف، مواد و محصولات تولیدی وارد می‌شود که ضرورت دارد برای جبران این آسیب‌ها در اقتصاد کشور هزینه‌هایی انجام شود. به مجموع پولی که جهت جبران آسیب‌های وارده بر اکوسیستم، بهداشت و سلامت افراد، جامعه، مواد و محصولات تولیدی، بناها و ساختمان‌ها هزینه می‌شود، هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار گازهای آلاینده و گازهای گلخانه‌ای می‌گویند. هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۸۴ برای گازهای NO_X ، CO_2، SO_3، CH، SPM به ترتیب برابر ۷۰۹، ۲۰۴۷، ۲۲۹۹،۳ و ۵۷۸ میلیارد ریال بوده است. با توجه به میزان برق تولیدی نیروگاه‌ها در سال ۸۴ هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای NO_X، CO_2، SO_2 به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی به ترتیب برابر ۴۹/۵، ۶/۳۷، ۸۹/۵۸ ریال است که در مجموع معادل رقم ۱۴۵/۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت برآورد شده است. میانگین سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ انتشار گازهای آلاینده NO_X، SO_2، C، SO_3،CO، CH، SPM از بخش نیروگاهی کشور برحسب گرم بر کیلووات ساعت به ترتیب برابر ۰/۸۶۶، ۰/۷۹۷، ۱۵۳/۷۲۱، ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۱، ۰/۰۱۷ و ۰/۰۵۴ بوده است. در جدول‌های زیر، میزان کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و کاهش هزینه‌های اجتماعی آنها بر اثر اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی در آبگرمکن‌های برقی ارائه شده است.

جدول ۷ : کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از صرفه‌جویی مصرف برق در آبگرمکن‌های برقی به ازای ۵ سانتی‌متر و کارکرد شبانه‌روزی بر اساس میانگین انتشار آلاینده‌ها در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴[۵]

سال	صرفه‌جویی در مصرف برق (میلیون کیلووات ساعت)	NO_x (تن)	SO_2 (تن)	C (تن)	SO_3 (تن)	CO (تن)	CH (تن)	SPM (تن)
۱۳۸۷	۲۲۷/۷۷	۱۹۷/۲۵	۱۸۱/۵۳	۳۵۰۱۳/۰۳	۱/۵۹۴	۰/۲۲۷	۳/۸۷۲	۱۲/۳۰
۱۳۸۸	۲۳۵/۷۴	۲۰۴/۱۵	۱۸۷/۸۸	۳۶۲۳۸/۱۹	۱/۶۵۰	۰/۲۳۵	۴/۰۰۷	۱۲/۷۳
۱۳۸۹	۲۴۳/۹۹	۲۱۱/۲۹	۱۹۴/۴۶	۳۷۵۰۶/۳۸	۱/۷۰۸	۰/۲۴۳	۴/۱۴۷	۱۳/۱۷
۱۳۹۰	۲۵۲/۵۳	۲۱۸/۶۹	۲۰۱/۲۶	۳۸۸۱۹/۱۶	۱/۷۶۷	۰/۲۵۲	۴/۲۹۳	۱۳/۶۴
۱۳۹۱	۲۶۱/۳۷	۲۲۶/۳۵	۲۰۸/۳۱	۴۰۱۷۸/۰۶	۱/۸۲۹	۰/۲۶۱	۴/۴۴۳	۱۴/۱۱
۱۳۹۲	۲۷۰/۵۲	۲۳۴/۲۷	۲۱۵/۶۰	۴۱۵۸۴/۶۰	۱/۸۹۳	۰/۲۷۰	۴/۵۹۸	۱۴/۶۱

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

جدول۸ : میزان کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از صرفه‌جویی انرژی آبگرمکن‌های برقی عایقکاری شده

سال	صرفه‌جویی در مصرف برق (میلیون کیلو وات ساعت)	کاهش هزینه‌های اجتماعی (میلیون ریال)
۱۳۸۷	۲۲۷/۷۷	۳۳۰۴۹/۴۳
۱۳۸۸	۲۳۵/۷۴	۳۴۲۰۵/۸۷
۱۳۸۹	۲۴۳/۹۹	۳۵۴۰۲/۹۵
۱۳۹۰	۲۵۲/۵۳	۳۶۶۴۲/۱۰
۱۳۹۱	۲۶۱/۳۷	۳۷۹۲۴/۷۸
۱۳۹۲	۲۷۰/۵۲	۳۹۲۵۲/۴۵

تاثیر اقدامات بهینه‌سازی آبگرمکن‌های برقی و صرفه‌جویی در مصرف برق

همانگونه که اشاره شد انجام بعضی از اقدامات از جمله عایقکاری بدنه و سقف آبگرمکن‌های برقی، استفاده از تله حرارتی و استفاده از مخزن پلاستیکی، منجر به کاهش اتلاف انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌شود. اجرای این اقدامات باعث افزایش قیمت تمام شده آبگرمکن‌های برقی خواهد شد. ارزیابی اقتصادی اقدامات هزینه‌بر مذکور بر اساس نتایج بدست آمده از محاسبات مربوط به زمان برگشت سرمایه و یا هزینه طول دوره عمر انجام می‌شود. از میان اقدامات ذکر شده، دو گزینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. گزینه اول شامل عایقکاری بدنه و رویه بالایی با عایق فوم به ضخامت ۵ سانتی‌متر و نصب تله حرارتی پلاستیکی است. گزینه دوم عایقکاری بدنه و رویه بالایی با عایق فوم به ضخامت ۲/۵ سانتیمتر و نصب تله حرارتی پلاستیکی است. قیمت میانگین آبگرمکن‌های برقی مخزن‌دار ساخت داخل در سال ۱۳۸۶ حدود یک میلیون ریال برآورد می‌شود. با توجه به ابعاد آبگرمکن‌های تولیدی ساخت داخل مساحت سطح جانبی و رویه بالایی حدود ۲ متر مربع است که به طور میانگین حدود ۲ متر مربع عایق نیاز دارد. هزینه عایق با ضخامت ۵ سانتیمتر و فلز نگهدارنده و هزینه‌های جانبی به ترتیب برابر۱۳۰۰۰۰، ۷۵۰۰۰، ۸۵۰۰۰ ریال و جمعا به مبلغ ۲۹۰۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. هزینه تله حرارتی پلاستیکی نیز حدود ۷۰۰۰۰ ریال برآورد می‌شود. به این لحاظ در شرایط کنونی پیش‌بینی می‌شود که قیمت تمام شده اجرای گزینه اول برای آبگرمکن‌های برقی حدود ۱۳۶۰۰۰۰ ریال باشد. با توجه به مطالب ارایه شده پیش‌بینی می‌شود که با اجرای اقدامات گزینه اول اتلاف انرژی حدود ۷۰ درصد کاهش یابد که معادل ۳/۵۶۱ کیلو وات ساعت در روز خواهد شد. بر اساس جدول بهای میانگین هر کیلو وات ساعت برقی مصرفی در سال ۱۳۸۶ برابر ۱۹۰ ریال است که به این ترتیب برگشت سرمایه حدود ۱/۴۵ سال خواهد بود. قیمت تمام شده آبگرمکن‌های برقی ساخت داخل با اجرای گزینه دوم به حدود ۱۲۸۵۰۰۰ ریال می‌رسد. میزان کاهش اتلاف انرژی در این حالت حدود ۴۸ درصد خواهد بود و به مقدار ۲/۴۴۲ کیلو وات ساعت در روز می‌رسد. برگشت سرمایه با اجرای این گزینه حدود ۱/۶۸ سال خواهد بود.

نتیجه گیری

همانگونه که اشاره شد عایقکاری بدنه و سقف آبگرمکن های برقی و استفاده از تله حرارتی منجر به کاهش اتلاف حرارت و بهینه سازی مصرف انرژی می‌شود که برای اجرای آنها هم از نظر مصرف کننده و هم از دیدگاه اقتصاد ملی توجیه لازم وجود دارد. تأمین مواد لازم وهمچنین حمایت های دولت از تولید کنندگان و واقعی شدن هزینه های برق می‌تواند روند بهینه سازی مصرف برق را در آبگرمکن های برقی تسریع نماید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]

سپاسگزاری

از معاونت برق وانرژی وزارت نیرو که این تحقیق را مورد حمایت قرار دادند، سپاسگزاری می شود.

منابع

[۱] استاندارد ایران شماره ۱۵۶۳، روش‌هایی برای اندازه‌گیری عملکرد آبگرمکن برقی مخزن‌دار برای مصارف خانگی، تجدید نظر- چاپ سوم، شهریور ۱۳۷۰.

[۲] استاندارد ایران شماره ۲-۱۵۶۳، معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی و برچسب انرژی آبگرمکن‌های مخزن‌دار برقی خانگی، شهریور ۱۳۸۳.

[۳] ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۴، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی.

[۴] حقگو، حمیدرضا و همکاران، گزارش نهایی پروژه بازنگری در تدوین استاندارد و برچسب انرژی آبگرمکن های برقی مخزن دار خانگی، پژوهشگاه مواد وانرژی، ۱۳۸۷.

[۵] سایت توانیر، آمار تفضیلی صنعت برق.

[۶] سایت وزارت صنایع، آمار تفضیلی تولید.

[7] Australian/New Zealand Standard, AS/NZS 1056, Storage Water Heaters.

[8] British Standard,BS3999-Part 2-1991Methods of Measuring the Performance of Household Electrical Appliances part 2. Thermal Storage Electric Water-Heater.

[9] Harrington.L,Damnics,M,Energy Labeling and Standards Programs throughout the World,NAEEC Report, July 2004.

[10] IEC 379-1987, Methods for Measuring the Performance of Electric Storage Water Heaters for Household Purpose.

[11] IEC 60379, 2001, DINEN60379, Verfahren Zum Messen der Gebrauchseigenschaften Von Elektrischen Warmwasserspeicher für den Hausgebrauch.

Part 2: Specific Requirements for Water Heaters with Single Shells.

Part 3: Specific Requirements for Water Heaters with Composite Shells.

Part 4: Daily Energy Consumption Calculations for Electric Types.

Part1: General Requirements.

[12] www: Analysis of Energy efficiency of Demestic Electric Storage Water Heaters. Final Reports,1998.

[13] www: Energy Labelling of Domestics Electric Storage Water Heaters,Options,Oct 2002.

[14] www: Energy Labelling of Domestics Electric Storage Water Heaters,Options,Oct 2002.

[15] www:Technical Study Improving on Electric Water Heater Efficiency,Final Report,2000.

[16] www:Technical Study Improving on Electric Water Heater Efficiency,Final Report, 2000.

[17] www:Water Heater Draft Criteria Analysis.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-03]