اثر بهینه ساز هوشمند بار راکتیو در کاهش مصرف انرژی

فریبرز جهانشاه[۱]، علی ناطقی[۲و*]، حامد احمدی[۳]

تاریخ دریافت مقاله:

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده:

یکی از مهمترین فاکتورها و پارامترهایی که بهبود آن نقش موثری در کاهش تلفات و در نتیجه افزایش بهره وری و کاهش مصرف دارد، ضریب توان شبکه است. این ضریب به واسطه وجود عناصر سلفی – اهمی مانند کولرها، ماشین لباس شوی، انواع فن و الکتروموتورها، یخچال ها، لامپ های فلورسنت.. که سهم عمده مصرف کننده های خانگی و صنعتی شبکه برق دارد از مقدار ۱ کوچکتر گردیده و پارامتر جریانی راکتیو شکل می گیرد. وضعیت نامناسب ضریب توان شبکه توزیع فشار ضعیف نیاز به سامانه های هوشمند اصلاح کننده را در کشور ضروری می کند. در تحقیق به عمل آمده از دستگاه هوشمند توان راکتیو، دیده می شود استفاده از این دستگاه در سامانه های توزیع شبکه برق کشور بسیار موثر می باشد.

در این مقاله با ارائه راهکاری موثر و اقتصادی سعی بر حل این مشکل شده است. از گزینه های مناسب برای حل این مشکل استفاده از بهینه سازهای هوشمند مصرف برق به منظور بهبود ضریب توان و جبران سازی بار راکتیو می باشد. محاسبه براساس اندازه گیری نشان می دهد این وسیله توانایی بهبود ضریب توان تابه میزان ۹۸ درصد را دارد که باعث کاهش مصرف کلی جریان، آزاد سازی توان ظاهری و همچنین کاهش تلفات اهمی سیم ها می گردد.

کلمات کلیدی:

بهینه سازی انرژی، اصلاح ضریب قدرت، کاهش مصرف انرژی، کاهش تلفات خطوط انتقال، کاهش توان راکتیو

۱) مجتمع عالی صنعت آب و برق اصفهان

۲) مدیریت تحقیقات فنی شرکت پرشین

۳) مدیریت بازرگانی شرکت پرشین تجهیز

* نویسنده مسئول، nateqi@persianeng.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

مقدمه

انرژی برق یکی از مهمترین انرژی هایی است که مصرف آن بر مصرف دیگر انرژی ها نیز اثرگذار می باشد. نگاهی به ترازنامه انرژی در سالهای اخیر نشان می دهد تقریباً ۳۷٪ انرژی مصرفی در کشور ما به بخش خانگی و عمومی تعلق دارد. از گزارش های متعدد از جمله آخرین خلاصه وضعیت آماری صنعت برق کشور پیداست، بهره وری مصرف انرژی برق در کشور بسیار پایین و در بعضی موارد حتی نگران کننده است. یکی از موارد مهم در تلفات الکتریکی ضریب توان است . در این مقاله ضمن بیان اثر ضریب توان در کاهش بهره وری انرژی نشان داده می شود که تصحیح این ضریب چگونه بر بالا بردن کارایی مصرف انرژی تاثیر گذار است. دستگاه های بهینه ساز هوشمند توان راکتیو نمونه ای از وسایلی است که می تواند با افزایش مطلوب و هوشمند ضریب توان نسبت به بهبود وکاهش تلفات شبکه اقدام نماید.

توان راکتیو و ضریب توان شبکه

در صورتی که توان را یک کمیت مختلط فرض کنیم، خواهیم دید که اندازه توان مختلط، توان ظاهری و قسمت حقیقی آن توان متوسط (واقعی) را می دهد. نقش موهومی توان مختلط را توان واکنشی یا توان راکتیو می نامند که واحد آن وار می باشد[۱]. توان واکنشی توسط مصرف کننده هایی که دارای امپدانس مختلط هستند تولید شده و بصورت سیکلی بین نیروگاه و مصرف کننده حرکت می کند. روابط زیر نحوه محاسبه توان واکنشی را نشان می دهد.[٤]

$$Q = \mathrm{V}_e \mathrm{I}_\mathrm{e} \sin(\theta - \varphi) \qquad (۱)$$

$V_{\mathrm{e}<\theta}$: زاویه ولتاژ

$\mathrm{I}_{\mathrm{e}<\varphi}$: زاویه جریان

P : توان حقیقی

Q: توان راکتیو (واکنشی)

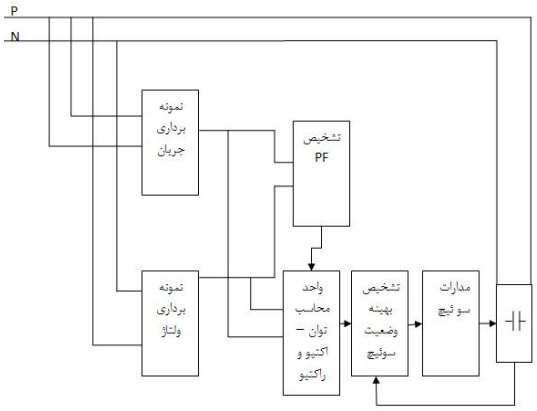
S: توان ظاهری

$$S = P + jQ \qquad (۲)$$

دستگاه هوشمند بهینه ساز برق

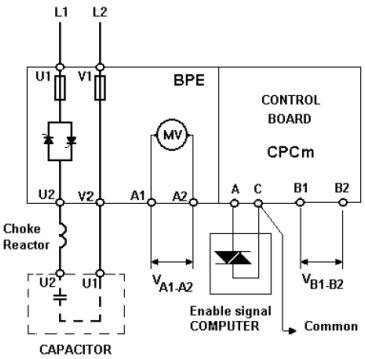
این دستگاه با نمونه برداری از میزان جریان مصرفی شبکه توسط یک ترانسفورماتور جریان و ولتاژ شبکه توسط یک ترانسفورماتور ولتاژ، قادر به تشخیص اندزه دامنه و فیزور هر یک از دو سیگنال بصورت ایزوله شده می باشد. در بخش تشخیص PF با استفاده از مدارات آشکارساز zero scan اختلاف بین دو سیگنال ولتاژ و جریان شناسایی شده و مقدار صحیح PF محاسبه می شود. خروجی بخش تشخیص ضریب توان PF با سطوح ولتاژ و جریان ضرب شده و مقدار توان اکتیو و واکنشی محاسبه می گردد. درشکل (۱-الف)، بلوک دیاگرام مربوط به دستگاه ترسیم شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]



شکل ۱- الف: بلوک دیاگرام دستگاه هوشمند بهینه ساز برق

کلیه بخش های مختلف دستگاه با استفاده از مدارات الکترونیک آنالوگ جهت بالا بردن ضریب پایداری در عملکرد دستگاه طراحی شده اند. تکنیک بکاربرده شده امکان نمونه برداری در زمان واقعی "Real Time" را از دو سیگنال ولتاژ و جریان شبکه و انجام محاسبات لازم فراهم می آورد. هر چند که طراحی بر این پایه با پیچیدگی هایی نسبت به مدارات دیجیتال همراه است اما عدم استفاده از مدارات دیجیتال باعث کاهش شدید نویز پذیری و کاهش قیمت تمام شده دستگاه گردیده است. جهت بالا بردن سرعت سوئچ و افزایش طول عمر دستگاه از فن آوری سوئیچ های دینامیکی یا مدارات تایریستوری بهره گرفته شده است. شکل (۱- ب) نمایی از بلوک دیاگرام مدارات الکترونیک بکار رفته در دستگاه را نشان می دهد.



شکل۱- ب: بلوک دیاگرام مدارت دستگاه هوشمند بهینه ساز

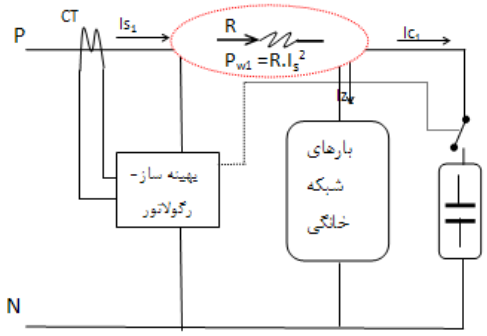
شرح فنی دستگاه

دستگاه با توجه به طراحی انجام شده و توضیحات مندرج در بخش ۳ تنها قادر به جبران سازی ضریب توان برای بارهای پسفاز (راکتیو سلفی) می باشد. از این رو شکل ۲ نحوه اتصال دستگاه در شبکه برق یک مشترک خانگی را ارائه می دهد. همانطور که مشخص شده است با نمونه برداری از جریان ورودی Is توسط یک ترانس جریان و ولتاژ شبکه،

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

دستگاه بهینه ساز قادر بـه تشـخیص PF و اصـلاح ضـریب تـوان بـا سـوئیچ نمـودن بـار خـازنی متناسـب مـی باشـد. دسـتگاه بـه دلیـل کـوچکی ابعـاد و سـرعت بـالا در تشـخیص ضـریب تـوان حتـی تغییـرات مقـادیر کوچـک بـالای ۰/۹و اصـلاح آن تـا ۹۹ درصد ونیز سـرعت و تعـدد سـوئیچ بـالا در کمتـرین زمـان و بـا حـداقل جریـان هجـومی نسـبت بـه بانـک هـای خـازنی بـا ابعـاد، قیمت و جریان هجومی بالا مزیت دارد.

مطابق با شـکل ۲ مقاومـت معـادل طـول سـیم هـای انتقـال جریـان در داخـل شـبکه برابـر R و تـوان تلـف شـده در ایـن بخـش برابر $P_w=R.I_s^2$ در نظر گرفته شده است.



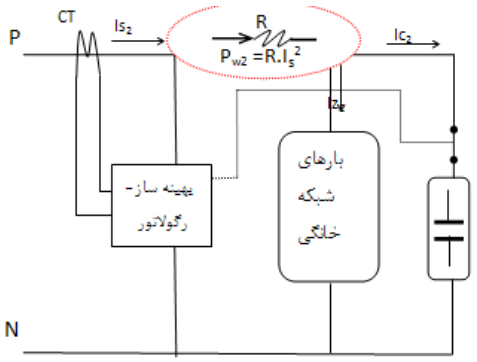
شکل۲: نحوه اتصال دستگاه بهینه ساز در شبکه برق خانگی

مطـابق رابطـه ۳ ($Is=Iz+Iq$) انـدازه جریـان ظـاهری Is بطـور کلـی برابـر جمـع بـرداری دو مولفـه حقیقـی Ie و موهومی Iq مـی باشـد. مولفـه جریـان مصـرفی بـار($Iz= Ir+Iq_L$) در شـبکه خـانگی و صـنعتی خـود از دو مولفـه بـرداری حقیقـی و موهومی مثبـت (زاویـه بـین جریـان و ولتـاژ از نـوع پـس فـاز یـا سـلفی $\cos(\alpha+\beta)$) تشـکیل یافتـه و در شـکل ۴ زاویـه بین جریان بارهای مختلف با ولتاژ شبکه نمایش داده شده است.

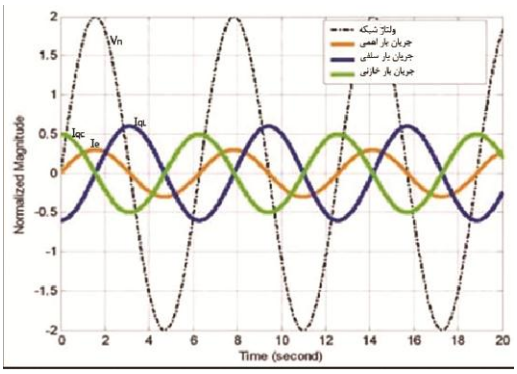
بنابر آنچه گفته شد با حـذف بخـش موهـومی مـی تـوان انـدازه جریـان مصـرفی بـار Iz و در نتیجـه انـدازه بـردار جریـان ظـاهری یا جریان کلی Is را که از شبکه دریافت می شود کاهش داد.

همـان گونـه کـه در شـکل (۳) نمـایش داده شـده پـس از تشـخیص PF و سـوئیچ نمـودن بـار خـازنی متناسـب توسـط دسـتگاه بهینـه سـاز زاویـه بـین جریـان و ولتـاژ بـه نحـو مطلـوبی اصـلاح و کـاهش یافتـه (انـدازه PF بـه سـمت یـک میـل مـی کنـد. شکل۵) و درنتیجـه انـدازه بـرداری مولفـه جریـان Iq مطـابق رابطـه ۴ ($Iq=Iq_L-Iq_C$) کـاهش قابـل ملاحظـه ای مـی یابـد ایـن موضوع نیـز بـر اسـاس رابطـه ۳ باعـث گردیـده تـا انـدازه بـردار مولفـه جریـان ظـاهری یـا کلـی مـدار $Is_2<Is_1$ کـاهش یافتـه و تلفات توان اهمی سیمهای حامل جریان $Pw_2<Pw_1$ در وضعیت Is_2 نیز کاهش یابد (شکل۶).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

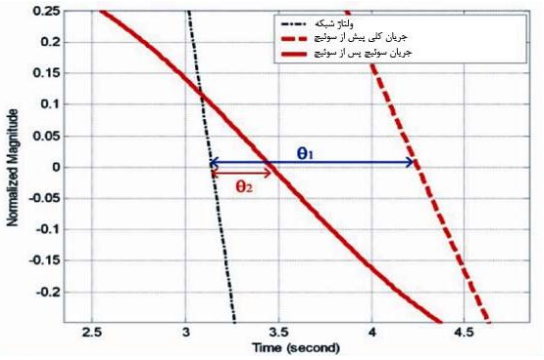


شکل۳: سوئیچ خازن ها در شبکه توسط دستگاه



شکل٤: زاویه بین ولتاژ شبکه و جریان سه بار مختلف

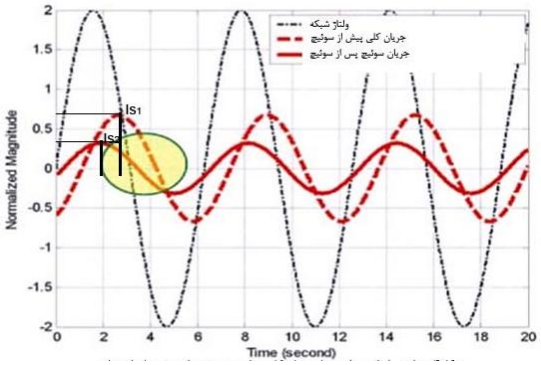
دستگاه بهینه ساز با انـدازه گیـری انـدازه و زاویـه بـین جریـان و ولتـاژ I_s و V_n قـادر بـه تشـخیص میـزان تـوان هـای ظـاهری Ps و تـوان اکتیـو و در نهایـت PF مـی گـردد. نکتـه ای کـه بایسـتی در هنگـام ورود خـازن هـا جهـت اصـلاح ضـریب قـدرت شبکه رعایت نمود زمان سوئیچ می باشد.



شکل۵: زاویه بین ولتاژ و بردار جریان مدار در دو حالت

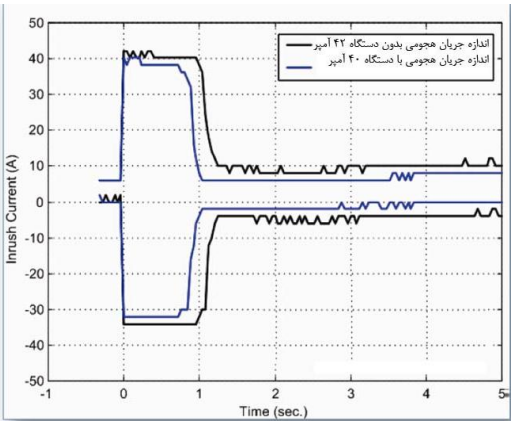
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

در ایـن مـورد دسـتگاه بهینـه سـاز جهـت کـاهش جریـان هجـومی خـازن هـا در زمـان سـوئیچ بـا بهرگیـری از مـدارات هوشـمند سـطح صـفر (Zero Switch) میـزان جریـان هجـومی خـازن را کـه از رابطـه ۵ $(Ic = C\frac{dv}{dt})$ قابـل محاسـبه اسـت بـه حداقل مقدار خود می رساند.



شکل٦: اندازه بردار جریان مدار پیش و پس از سوئیچ زنی

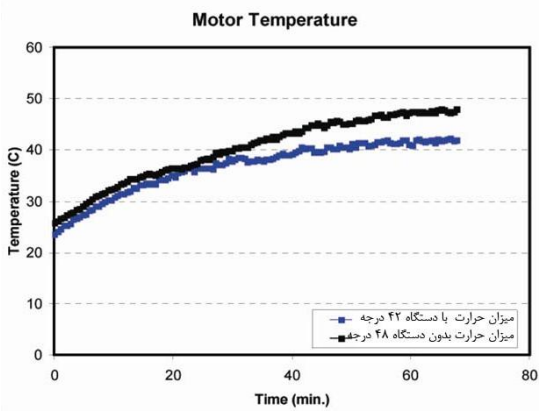
مزیـت دیگـری کـه در نتیجـه اسـتفاده از دسـتگاه بهینـه سـاز مـی گـردد، کـاهش میـزان جریـان هجـومی الکتـرو موتـور هـا در هنگام راه انـدازی اسـت (شـکل ۷). بـه زبـان سـاده هنگامیکـه یـک الکتروموتـور روشـن مـی شـود لغـزش آن برابـر یـک بـوده و سیم پیچ موتور همانند یک اتصال کوتـاه عمـل کـرده و سـبب عبـور جریـانی بـیش از جریـان نـامی موتـور مـی گـردد. بـا گذشـت زمان بسیار اندک، میدان مغناطیسـی ایجـاد شـده و موتـور شـروع بـه گـردش کـرده و بـه دور نـامی مـی رسـد و جریـان تـا انـدازه جریان نامی کاهش مـی یابـد. انـدازه جریـان هجـومی گرچـه در زمـان انـدکی ایجـاد مـی گـردد امـا تـاثیر بزرگـی و تلفـات آن در سیمهای انتقال و فشار ایجاد شده بر شبکه قابل توجه می باشد.



شکل۷: اثر وجود و عدم وجود دستگاه در جریان هجومی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

از دیگر مزیت های استفاده از دستگاه بهینه ساز، کاهش هارمونیک ولتاژ است(شکل ۸). انحراف هارمونیک، انحراف در شکل موج ولتاژ شبکه در مقایسه با شکل موج سینوسی ایده آل می باشد. تأثیر اصلی هارمونیک ها، گرم شدن درجه حرارت موتور و ترانسفورماتورها است که منجر به کوتاه شدن عمر آنها می گردد. در صورتیکه دمای عملکرد موتور ۱۰ درجه سانتیگراد کاهش یابد، عمر آن در حدود دو برابر افزایش می یابد. وجود دستگاه بهینه ساز و مدرات خازنی آن در ترکیب با مقاومت سیم های حامل جریان باعث پدیدار شدن یک فیلتر پایین گذر می گردد که مانع از ورود فرکانسهای بالا از منبع ورودی به بار می شود و در نتیجه باعث کاهش درجه حرارت الکترو موتورها و افزایش طول عمر آنها می شود.



شکل۸: اثر وجود و عدم وجود دستگاه در درجه حرارت

روش بررسی تجربی

در این بخش روش آزمایش به طور مختصر آورده می شود.

نوع آزمایش: ثبت انرژی مصرفی و اندازه گیری پارامتر های قدرت در دو حالت بدون دستگاه هوشمند اصلاح ضریب قدرت و با دستگاه در دو بازه زمانی برابر و مصارف یکسان.

مدت تست: چهار ساعت برای هر حالت مجموعاً ۸ ساعت

جدول ۱: نوع مصرف کننده های تحت آزمایش

نوع مصرف کننده	میزان کارکرد
یخچال ۹ فوت پارس	۴ ساعت
کولر آبی	۴ ساعت
لامپ کم مصرف و مهتابی	۴ ساعت
رایانه	۴ ساعت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

مراحل آزمایش:

الف) مصرف کننده ها مطابق جدول (۱) به صورت موازی همبندی و توسط یک دستگاه پاور آنالایز UNI-T مقادیر انرژی اکتیو و راکتیو در پایان دوره اول آزمایش قرائت و ثبت گردید. در دو بار نرمال و ماکزیمم نیز کلیه پارامتر های قدرت ثبت شد.

ب) پس از اتمام دوره اول آزمایش، بدون تغییر در بار مصرفی، دستگاه مورد آزمایش پس از دستگاه پاور آنالایز UNI-T نصب و مجددا سیستم راه اندازی شد. در حالت دوم نیز پارامتر های قدرت اندازه گیری و در پایان دوره آزمایش مقادیر انرژی اکتیو و راکتیو ثبت گردید.

جدول۲ : مقادیر اندازه گیری شده قبل و بعد از نصب دستگاه بهینه ساز

پارامتر	واحد	قبل از نصب	بعد از نصب
ولتاژ	ولت	۲۲۶/۶	۲۲۵/۱
جریان	آمپر	۱۲	۹/۲
ضریب قدرت PF	----	۰/۷۱۷	۰/۹۱۶
توان ظاهری	KVA	۲/۷	۲/۱
توان راکتیو	KVAR	۱/۸۶	۰/۸۵
توان اکتیو	KW	۱/۹۵	۱/۹۱
فرکانس	Hz	۵۰/۱	۵۰/۱
THD_v	----	۲/۳	۲/۱

با توجه به آنکه بطور طبیعی ضریب توان شبکه توزیع پس فاز سلفی بوده و مطابق ۸۰۰ نمونه جمع آوری میانگین حسابی ضریب توان منازل در چهار فصل سال معادل ۰/۸۳ **[٥]** بوده و از آنجا که در فصول گرم سال مانند تابستان گاهاً برخی از نیروگاه ها کاندید تولید و تزریق توان راکتیو در شبکه می شوند بنابر این استفاده از دستگاه های بهینه ساز بعنوان تکنیکی اقتصادی و پربازده در شبکه تک فاز برای منازل و سه فاز برای واحد های صنعتی توجیه پذیر می شود. از دیرباز استفاده از سری سه فاز این دستگاه ها در بخش صنعت مرسوم بوده اما در بخش تک فاز به دلیل ارزانی انرژی استفاده از نوع تک فاز در ایران هرچند که در یک مدل حتی نمونه آماری میزان باند اشغال شده توسط توان راکتیو قابل توجه می باشد، مرسوم نبوده و شرکت های توزیع گاها بطور محدود با مطالعه و مکان یابی نقاطی در شبکه توزیع شهری با ضریب توان پایین اقدام به نصب رگولاتور های بانک خازنی با توان سوئیچ یک پله می نمایند که طبیعتا بازده بالایی از آن با تغییر الگوی توان مصرفی انتظار نمی رود و همچنین در این روش نیاز به صرف سرمایه مالی قابل توجه ای از سوی شرکت های توزیع می باشد. در روش نصب دستگاه بهینه ساز در مکانهای خانگی و صنعتی یعنی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

مکانی که توان راکتیو تولید می شود سبب می شود تا اندازه بردار جریان ظاهری به دلیل اصلاح بسیار دقیق ضریب توان و حذف بخش راکتیو جریانی به کوچکترین میزان خود می رسد که کاهش بیشتر تلفات خطوط انتقال را به دنبال دارد و موجب کاهش میزان مصرف جریان در مشترکین برق نیز خواهد گردیدو منافع اقتصادی خود را برای مشترکین به دنبال خواهد داشت.

تجزیه و تحلیل اثرات بهینه سازی انرژی

در این بخش با توجه به آمارهای ارائه شده در خلاصه وضعیت آماری صنعت برق کشور که توسط شرکت توانیر به صورت رسمی ارائه گردیده است [۲] و نیز محاسبات علمی، میزان صرفه جویی حاصل از بکارگیری بهینه سازهای هوشمند مورد بررسی قرار می گیرد.

با توجه به اینکه در این مقاله بهینه سازهای هوشمند تک فاز بررسی می شوند لذا اثر اینگونه دستگاه ها بر مشترکان خانگی، تجاری و عمومی مورد مطالعه قرار می گیرد. مجموع میزان مصرف این سه گروه ۸۸۴۷۲۰۰۰۰۰ کیلو وات ساعت می باشد که حدود ۵۲/۸ درصد از کل مصرف کشور را به خود اختصاص داده اند. با توجه به اینکه تولید سرانه برابر ۳۰۴۸ و مصرف سرانه برابر ۲۳۰۷ کیلو وات ساعت می باشد لذا درصد افت شبکه برابر است با:

(۳۰۴۸– ۲۳۰۷)/ ۳۰۴۸* ۱۰۰ = ۲۴.۳%

میزان سهم افت در مصرف کننده های تجاری،خانگی و عمومی برابر است با:
۲۴/۳×۰/۵۲۸=۱۲/۸۳۶

به منظور محاسبه میزان کاهش جریان به ازای تغییر ضریب توان از ۰/۸۵ به ۰/۸۶ یعنی معادل با افزایش ضریب توان به میزان یک درصد ابتدا میزان جریان به ازای PF=0.85 و PF=0.86 محاسبه می شود بنابراین:

I_1= ۵۴۰۰۸۲۵۳A I_2 = ۵۳۳۸۰۲۵۰A

کاهش جریان به درصد برابر است با:

I_r = (۵۴۰۰۸۲۵۳– ۵۳۳۸۰۲۵۰)/۵۴۰۰۸۲۵۳ * ۱۰۰ = ۱.۱۶۳

بنابراین را بطه بین I_1 و I_2 برابر : I_2=۰.۹۸۸ I_1

افت حاصل از بزرگی جریان در حالت اول برابر: $PL_1=RI_1^2$

افت حاصل از بزرگی جریان در حالت دوم برابر: $PL_2=RI_2^2$

در نتیجه کاهش افت خطوط به ازای افزایش یک درصد ضریب توان برابر :

$$\frac{\Delta Pl_r}{\Delta Pl_1} = \frac{(RI_1^2 - 0.988^2 RI_1^2)}{RI_1^2}$$

$$\frac{\Delta Pl_r}{\Delta Pl_1} = (۱ - ۰.۹۷۷) = ۰.۰۲۳$$

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

حال با توجه به میزان مصرف در بخش های عمومی،تجاری و خانگی که مقدار برابر ،میزان کاهش افت خطوط به ازای یک واحد افزایش ضریب توان برابر:

(۸۸۴۷۲ * ۱۰^۶) / (۳۶۵ * ۴) * ۱۲.۸۳ / ۱۰۰ * ۰.۰۲۳ = ۲۹۹۷۳.۵۴۵

محاسبه میزان صرفه جویی در سوخت

با توجه به اینکه هر بشکه نفت برابر ۶۰۰۰ ژول بوده و هر کیلو وات ساعت معادل ۱۰/۸ ژول می باشد، لذا هر بشکه نفت معادل۵۵۵/۵۶ کیلووات ساعت می باشد.

با توجه به این مطلب تعداد بشکه ذخیره شده در سال از رابطه زیر بدست می آید.

(۲۵۸۹۷۱۴۳۱.۳۲۰) / (۵۵۵.۵۶) = ۴۶۶۱۴۸

میزان صرفه جویی حاصل از توان راکتیو

توان ظاهری در ضریب توان ۰.۸۵ : $S_1 = \frac{Pe_1}{PF_1}$

توان راکتیو در حالت اول:

$$q_1 = \sqrt{{s_1}^2 - {Pe_1}^2} \rightarrow \sqrt{\left(\frac{Pe_1}{PF_1}\right)^2 - {Pe_1}^2}$$

توان ظاهری در ضریب توان ۰.۸۶ : $S_2 = \frac{Pe_1}{PF_2+0.01}$

توان راکتیو در حالت دوم:

$$q_2 = \sqrt{{s_2}^2 - {Pe_1}^2} \rightarrow \sqrt{\left(\frac{Pe_1}{PF_1+0.01}\right)^2 - {Pe_1}^2}$$

درصد کاهش توان راکتیو: $\Delta q = \frac{q_1 - q_2}{q_1} * ۱۰۰$

با جایگزاری مقادیر پارامتری توان راکتیو در حالت اول و دوم خواهیم داشت:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

$$\Delta q = \frac{\sqrt{\left(\frac{Pe_1}{PF_1}\right)^2 - {Pe_1}^2} - \sqrt{\left(\frac{Pe_1}{PF_1 + 0.01}\right)^2 - {Pe_1}^2}}{\sqrt{\left(\frac{Pe_1}{PF_1}\right)^2 - {Pe_1}^2}}$$

با ساده سازی معادلات قبلی، میزان کاهش توان راکتیو به ازای یک درصد افزایش ضریب توان از ۰/۸۵ به ۰/۸۶ برابر عدد زیر خواهد بود

$$\Delta q = (۱ - ۰.۹۵۷) * ۱۰۰ \cong ۴.۳ \ \%$$

میزان توان راکتیو در ضریب توان ۰/۸۵ برای شبکه تک فاز با مصرف توان اکتیو ۱۰۰۹۹۵۴۳ کیلو وات برابر با:

۶۲۵۹۱۳۴ کیلو وار

جدول (۳) حجم گاز های آلاینده منتشر شده از انواع نیرو گاه ها در سال ۸۸

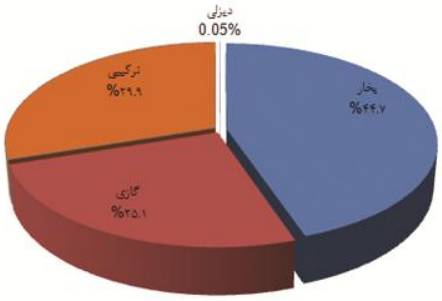
نوع نیروگاه	نوع گازها						
	Nox	SO2	SO3	CO	SPM	CO2	CH4
بخار	۱۱۹۲۳٤.۹	٥۱٥٦۳۱.۱	۲٦۸۱.٥۸۸	۱٥۳.۲۳۳٦	۱٥۹۹۳.۷٦	۸۰۰۱٦٦۷۱	۲۲۰۲.۷۳۳
گازی	٦٥٦۹۲.۱۲	٥۲۲۳۰.٦۲	۸۰۷.٦۹	۹۱.٥۳۸۲	۷۰٥۳.۸۲٦	٤۳۰۳٦٤۱٦	۱۰۲۳.۰۷٤
سیکل ترکیبی	٥۱۳۱۳.٦	۳۹۱۲٦.٦۲	٦٤۱.٤۲	٦٤.۱٤۲	٥۱۳۱.۳٦	۳۳۸٦٦۳۳٥	۷٦۹.۷۰٤
دیزلی	۱۸۸.۷۲۸	٥٦۹.۷۸	۸.٦۸	۰.۱۲٤	۳٦.۲۰۸	۱۰۲۲٥۹.٥۸	٤.۰۹۲
جمع کل	۲۳٦٤۲۹.۳	٦۰۷٥٥۸.۱	٤۱۳۹.۳۷۸	۳۰۹.۰۳۷۸	۲۸۲۱٥.۱٥	۱٥۷۰۲۱٦۸۰	۳۹۹۹.٦۰۳

بنابر این میزان توان راکتیو در ضریب توان ۰/۸۶ برابر خواهد بود با: کیلو وار ۵۹۸۹۹۹۱ = ۹۷۵/ * ۶۲۵۹۱۳۴

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

اثرات زیست محیطی

از مشکلات بدیهی در تولید انرژی از نیروگاه های سوخت فسیلی، انتشار گازهای آلاینده محیط زیست می باشد.



شکل ۹: تولید ناویژه نیروگاه ها در سال ۸۸

از آنجا که ترکیبات سوخت های فسیلی متفاوت بوده در نتیجه میزان انتشار گازهای آلاینده متفاوت می باشد. بر این اساس میزان تولید گازهای آلاینده، به تفکیک انواع نیروگاه ها در جدول (۳) ارائه گردیده است

شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای از نیروگاه های کشور بر حسب گرم بر کیلو وات ساعت محاسبه می گردد. در شکل ۹ درصد میزان تولید ناویژه هر نیروگاه به تفکیک نمایش داده شده است[۲].

بر اساس تقسیم حجم آلایندگی نیروگاه بر میزان تولید ناویژه هر نیروگاه چگونگی محاسبه شاخص آلایندگی در نیروگاه های مختلف حاصل گشته که در جدول ۴ شاخص گازهای هر نیروگاه نمایش داده شده است[۳].

با توجه به کاهش ۲۹۹۷۳/۵۴ کیلو وات در ازای یک درصد بهبود ضریب توان و میزان صرفه جویی سالانه که برابر با ۲۵۹ میلیون کیلو وات ساعت خواهد بود، میزان حجم گازهای آلاینده هر نیروگاه با توجه به وزن و سهم هر یک در تولید، مطابق با جدول ۵ تقلیل می یابد.

درصد کاهش گاز های آلاینده در این وضعیت به میزان ۰/۱۴ درصد می باشد. با توجه به ضریب توان تجربی بدست آمده از ۸۰۰ نمونه جمع آوری شده که برابر با ۰/۸۳ است[۵] و اصلاح آن تا ۰/۹۷ می توان با استفاده از این روش میزان آلاینده ها را تا نزدیک ۳ درصد کاهش داد.

برآورد اقتصادی

صرفه جویی ریالی حاصل از کاهش افت خطوط:

الف) به ازای یک درصد بهبود ضریب توان:

میزان صرفه جویی در هر ساعت برابر با :

۲۹۹۷۳.۵۴۵ کیلو وات

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

میزان صرفه جویی سالانه برابر با:

۲۵۸۹۷۱۴۳۱ کیلو وات ساعت

که به ازای نرخ فروش ۹۰۰ ریال برای هر کیلو وات ساعت میزان صرفه جویی در سال برابر با :

۲۳۳،۰۷۴،۲۸۸،۱۸۸،۰۷۶ ریال

جدول ٤: شاخص آلایندگی انواع نیروگاه ها (واحد: گرم بر کیلو وات ساعت)

نوع نیروگاه	نوع گازها						
	Nox	SO2	SO3	CO	SPM	CO2	CH4
بخار	۱.۲٤٥	٥.۳۸٤	۰.۰۲۸	۰.۰۰۱٦	۰.۱٦۷	۸۳٥.٥	۰.۰۲۳
گازی	۱.۲۲	۰.۹۷	۰.۰۱٥	۰.۰۰۱۷	۰.۱۳۱	۷۹۹.۲٥	۰.۰۱۹
سیکل ترکیبی	۰.۸	۰.٦۱	۰.۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۸	٥۲۷.۹۹	۰.۰۱۲
دیزلی	۱.٥۲۲	٤.٥۹٥	۰.۰۷	۰.۰۰۱	۰.۲۹۲	۸۲٤.٦۷٤	۰.۰۳۳
میانگین کل	۱.۱۱	۲.٦۷	۰.۰۳	۰.۰۰۱۳	۰.۱٦	۷۰۳.۳٥	۰.۰۲

ب) به ازای پنج درصد بهبود ضریب توان (از ۰.۸٥ به ۰.۹ یا از ۰.۹ به ۰.۹٥):

۱،۰۸۸،۹۷٥،۷۱۰،۰٦۳ ریال

جدول٥: حجم گاز های آلاینده منتشر شده از انواع نیرو گاه ها با بهبود ۱ درصدی ضریب توان

نوع نیروگاه	نوع گازها						
	Nox	SO2	SO3	CO	SPM	CO2	CH4
بخار	۱۱۹۰۹۰.٥	٥۱٥۰۰٦.۷	۲٦۷۸.۳٤۱	۱٥۳.۰٤۸	۱٥۹۷٤.۳۹	۷۹۹۱۹۷۷٥	۲۲۰۰.۰٦٦
گازی	٦٥٦۱۲.٥۷	٥۲۱٦۷.۳۷	۸۰٦.۷۱۱۹	۹۱.٤۲۷۳٥	۷۰٤٥.۲۸٤	٤۲۹۸٤۳۰۱	۱۰۲۱.۸۳٥
سیکل ترکیبی	٥۱۲٥۱.٤٦	۳۹۰۷۹.۲٤	٦٤۰.٦٤۳۳	٦٤.۰٦٤۳۳	٥۱۲٥.۱٤٦	۳۳۸۲٥۳۲٤	۷٦۸.۷۷۱۹
دیزلی	۱۸۸.٤۹۹٥	٥٦۹.۰۹	۸.٦٦۹٤۸۹	۰.۱۲۳۸٥	۳٦.۱٦٤۱٥	۱۰۲۱۳٥.۷٥	٤.۰۸۷۰٤٥
جمع کل	۲۳٦۱٤۳	٦۰٦۸۲۲.٤	٤۱۳٤.۳٦٥	۳۰۸.٦٦۳٦	۲۸۱۸۰.۹۸	۱٥٦۸۳۱٥۳٦	۳۹۹٤.۷٦

صرفه صرفه جویی ریالی حاصل از کاهش توان راکتیو و هزینه دریافتی آن از مشترکین

الف) به ازای یک درصد بهبود ضریب توان:

میزان صرفه جویی در هر ساعت برابر با:

۲۶۶،۴۱۷ کیلو وار

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

میران صرفه جویی سالانه برابر با:

۲،۳۳۳،۸۱۹،۱۵۶ کیلو وار ساعت

که به ازای نرخ فروش ۱۵٪ توان اکتیو،هر کیلو وار ساعت میزان صرفه جویی ریالی در سال برابر با:

۳۱۵،۰۶۵،۵۸۶،۱۳۲ ریال

ب) به ازای پنج درصد بهبود ضریب توان (از ۰.۸۵ به ۰.۹ یا از ۰.۹ به ۰.۹۵):

۱،۶۱۷،۴۴۵،۲۳۹،۴۷۷ریال

صرفه جویی ارزی حاصل از کاهش مصرف سوخت فسیلی (نفت):

الف) به ازای یک درصد بهبود ضریب توان:

تعداد بشکه صرفه جویی شده در سال: ۴۶۶۱۴۸

با در نظر گرفتن هر بشکه نفت ۶۵ دلار،میزان صرفه جویی در سال برابر است با : ۳۰،۲۹۹،۶۵۷ دلار

ب) به ازای پنج درصد بهبود ضریب توان (از ۰.۸۵ به ۰.۹ یا از ۰.۹ به ۰.۹۵):

میزان تعداد بشکه صرفه جویی شده درسال: ۲،۱۷۷،۹۵۱

با در نظر گرفتن هر بشکه نفت ۶۵ دلار،میزان صرفه جویی برابر است با : ۱۴۱،۵۶۶،۸۴۲ دلار

هزینه دستگاه بهینه ساز هوشمند با عمر مفید ۵ سال:

تعداد مشترکین خانگی در سال ۸۸ : ۱۹،۸۴۴،۰۰۰

تعداد مشترکین تجاری در سال ۸۸: ۳،۰۳۱،۰۰۰

تعداد مشترکین عمومی در سال ۸۸: ۹۵۲،۰۰۰

کل مشترکین سه بخش فوق: ۲۳،۸۲۷،۰۰۰

قیمت هر دستگاه ساخت داخل: ۱۰۰،۰۰۰ ریال

سرمایه مورد نیاز جهت نصب دستگاه برای کل مشترکین:

۲،۳۸۲،۷۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ریال

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

برآورد هزینه و سود

جمع عواید حال از نصب دستگاه به ازای یک درجه اصلاح ضریب توان و دلار ۱۰،۰۰۰ ریال:

۳۰۲،۱۳۶،۴۴۸،۹۶۴ ریال

نقطه سر به سر (بر مبنای درصد اصلاح ضریب توان):

$$\frac{\text{هزینه دستگاه}}{\text{جمع عواید}} = (۲,۳۸۲,۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰) / (۳۰۲,۱۳۶,۴۴۸,۹۶۴) = ۲.۸$$

بنابراین با افزایش ضریب توان به میزان ۲/۸ درجه که توسط دستگاه هوشمند بسهولت امکان پذیر است به سادگی هزینه صرف شده جهت نصب دستگاه مستهلک می شود.

با توجه به اینکه با نصب دستگاه، ضریب توان شبکه توسط دستگاه بیش از ۵ درصد افزایش می یابد بدیهی است که محاسبات انجام شده بر مبنای این میزان اصلاح بسیار قابل توجه خواهد بود.

مقادیر بدست آمده بر این اساس به قرار زیر می باشد: جمع عواید حال از نصب دستگاه به ازای ۵ درجه اصلاح ضریب توان و دلار ۱۰،۰۰۰ ریال:

۴،۱۲۲،۰۸۹،۳۷۲،۶۲۴ ریال

بنابراین چناچه تفاضل بین عواید حاصل و هزینه نصب دستگاه مثبت باشد سود در سال اول بوده و برابر با:

سود = ۴،۱۲۲،۰۸۹،۳۷۲،۶۲۴-۲،۳۸۲،۷۰۰،۰۰۰،۰۰۰

سود=۱،۷۳۹،۳۸۹،۳۷۲،۶۲۴ ریال

نتیجه گیری

مطابق مطالعه انجام شده و تعداد ۸۰۰ نمونه که در چهار فصل سال در ۳ منطقه متفاوت با الگو مصرف بالا، متوسط و پایین [۵] و با توجه به الگوی مصرف شبکه توزیع بخصوص بخش خانگی استفاده از سامانه های اصلاح ضریب قدرت در بخش فشار ضعیف امری بدیهی و اجتناب ناپذیر است. با وجود استفاده از مصرف کننده های پس فازی همچون فن، یخچال ها و بخصوص کولر های آبی و حتی گازی که بخش عمده تولید توان راکتیو را به خود اختصاص می دهد اجرای راهکاری موثر و اقتصادی جهت اصلاح ضریب قدرت ، کاهش توان راکتیو و تلفات ناشی از آن را از محل تولید توجیه پذیر می سازد. استفاده از دستگاه بهینه ساز با توجه به قیمت پایین با توجه به تکنیک ساده مبتنی بر مدارات الکترونیک آنالوگ و کارایی بالای دستگاه در منازل و منافعی که برای بخش شبکه توزیع فشار ضعیف و مهمتر از آن برای کاهش هزینه متعلق به تلفات خطوط انتقال و سوخت کشور دارد می تواند موجب صرفه جویی ریالی قابل ملاحظه ای در سطح ملی،حفظ ذخایر فسیلی و محیط زیست و افزایش بازده بخش برق کشور گردد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

منابع

[۱] خلاصه وضعیت آماری صنعت برق کشور، ۱۳۸۸، دفتر فناوری اطلاعات و آمار ، معاونت آمار و اطلاع رسانی معاونت برنامه ریزی و تحقیقات، شرکت توانیر، وزارت نیرو.

[۲] منشی پور،سمیرا ،خلفی، فرید، ۱۳۸۸، مقایسه آلودگی های زیست محیطی نیروگاه های حرارتی سوخت فسیلی در کشور با سیستمهای برق خورشیدی(فتوولتائیک)P.V، هفتمین همایش ملی انرژی،تهران.

[۳] هیت،ویلیام اچ ، کمرلی، جک ای، ۱۳۸۸، تحلیل مهندسی مدار، ترجمه محمود دیانی، انتشارات نص،چاپ دوازده.

[۴] پژوهش ها و نمونه های آماری ضریب توان شبکه تک فاز، ۱۳۸۸، واحد تحقیق و پژوهش شرکت پرشین تجهیز

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/AC_power

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]