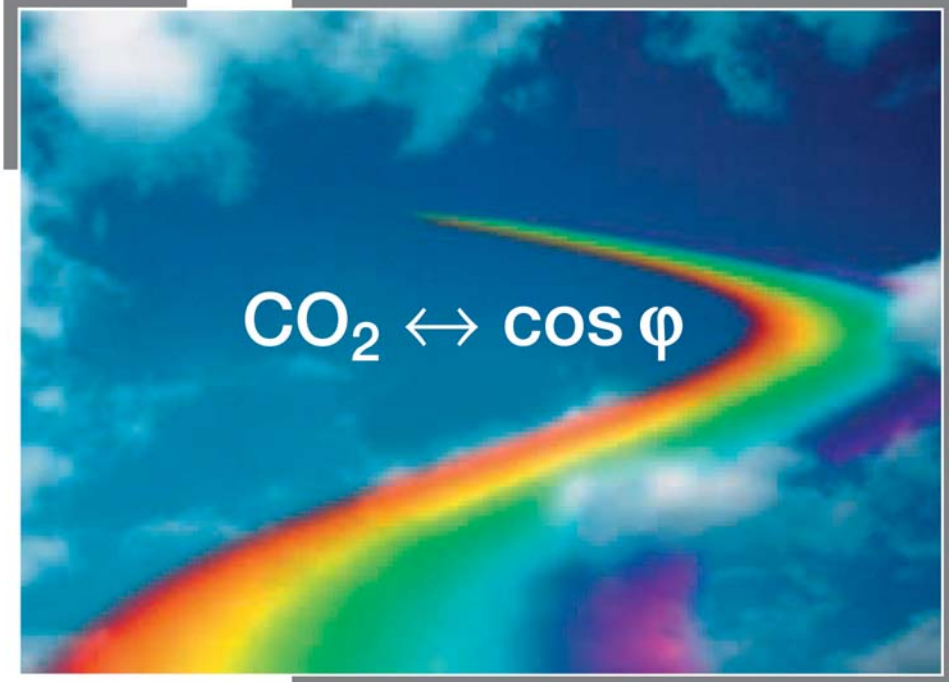
شرکت فراکوه

FARAKOH

حفاظت از محیط زیست با استفاده از سیستم‌های اصلاح ضریب توان



بخش تولید

خازن‌های قدرت (ZVEI)

موسسهٔ تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی آلمان

ترجمه و تدوین: بخش مهندسی فراکوه

مهندس نیما حجازی

نظارت: مهندس حسین شهابی

حفاظت از محیط زیست با استفاده از اصلاح ضریب توان

عنوان	صفحه
خلاصه	**۴**
حفاظت از محیط زیست یک دغدغهٔ همگانی است	**۶**
کنوانسیون تغییرات محیط زیست	۶
پروتکل کیوتو (Kyoto)	۶
هدف‌های حفاظت از محیط زیست پروتکل کیوتو و تقسیم مسوولیت در اتحادیهٔ اروپا	۷
برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست آلمان	۷
طرح ملی خازن‌گذاری در شبکه‌های فشار ضعیف ایران	
توافق‌نامهٔ جلوگیری از تغییر در محیط زیست	۸
حفاظت از محیط زیست با استفاده از اصلاح ضریب توان	۸
مفهوم اصلاح ضریب توان	**۸**
توان راکتیو در کجا تولید می‌شود؟	۸
اثرات توان راکتیو	۹
اصلاح ضریب توان	۱۰
فواید اقتصادی اصلاح ضریب توان	**۱۱**
صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی راکتیو	۱۱
صرفه‌جویی‌های جنبی در اثر کاهش اتلاف توان اکتیو	۱۱
کاهش در هزینه‌های سرمایه‌گذاری	۱۲
کاهش اتلاف توان اکتیو با استفاده از اصلاح ضریب توان:	**۱۳**
وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در آلمان	**۱۳**
ضریب توان، میزان بارگذاری فعلی شبکه، تلفات شبکه	۱۳
تلفات شبکه در آلمان	۱۳
اصلاح ضریب توان باعث کاهش تلفات شبکهٔ آلمان شده‌است	۱۴
وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در ایران	-
ضریب توان، میزان بارگذاری فعلی شبکه، تلفات شبکه	
حفاظت از محیط زیست با استفاده از اصلاح ضریب توان:	**۱۵**
وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در آلمان	**۱۵**
کاهش تلفات به معنی حفاظت از محیط زیست است	۱۵
در حال حاضر نیز اصلاح ضریب توان نقش بزرگی در حفاظت از محیط زیست دارد	۱۵
اصلاح ضریب توان هنوز پتانسیل زیادی در حفاظت از محیط زیست دارد	۱۶

مقایسهٔ میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن با دیگر تدابیر حفاظتی ۱۶
وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در ایران .....
کاهش تلفات به معنی حفاظت از محیط زیست است .....
اثرات اقتصادی .....
افق‌های آینده **۱۷**
وضعیت موجود در آلمان ۱۷
استفادهٔ کامل از پتانسیل موجود در آلمان ۱۷
روش‌های دیگر در آلمان **۱۸**
آیندهٔ طرح خازن‌گذاری در ایران و اولویت‌های ادامهٔ آن .....
ضمیمه **۱۸**
تلفات وابسته به جریان در شبکهٔ آلمان در سال ۱۹۹۹ ..... ۱۸
تلفات وابسته به جریان در شبکهٔ ایران در سال ۱۹۹۹ ..... -
متوسط ضریب توان در شبکهٔ آلمان در سال ۱۹۹۹ ..... ۱۹
متوسط ضریب توان در شبکهٔ ایران در سال ۱۹۹۹ ..... -
تلفات داخلی سیستم‌های اصلاح ضریب توان و کابل‌های متصل‌کننده ۲۰
اصلاح ضریب توان و تلفات شبکه ۲۰
مراجع **۲۲**
وب‌سایت‌ها **۲۳**

خلاصه

کنوانسیون سال ۱۹۹۲ دربارهٔ تغییرات محیط زیست که از اجلاس سران زمین در ریو (Rio) حاصل گردید، اهدافی در مورد کاهش تراکم گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین تعیین کرده‌است. در حالی‌که پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ میزان انتشار این گازها را محدود می‌کند یا کاهش می‌دهد، اتحادیهٔ اروپا، و آلمان به همراه کشورهای دیگر، تصمیمی جدی در مورد کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص دی‌اکسید کربن گرفته‌اند. در آلمان این اقدام در قالب طرح ملی حفاظت از محیط زیست مطرح شده‌است که با استفاده از روش‌های قانونی و توافق‌نامه‌هایی بین صنعت آلمان و دولت فدرال آلمان، به صورت کاملا عملی اجرا می‌شود.

سیستم‌های اصلاح ضریب توان سالیان زیادی است که در تاسیسات صنعتی و شرکت‌های برق برای استفادهٔ بهینه از انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مزایای اقتصادی این طرح‌ها کاهش هزینه‌های انرژی مصرف‌کننده است. به‌علاوه، اصلاح ضریب توان باعث کاهش جریان عبوری از کابل‌ها و خطوط انتقال می‌شود. کاهش جریان عبوری به معنی کاهش تلفات در خطوط و صرفه‌جویی در انرژی الکتریکی و به‌تبع آن کاهش انتشار دی‌اکسید کربن است. **محاسبات نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۹ سیستم‌های اصلاح ضریب توان نصب‌شده در آلمان تلفات شبکه را به میزان ۹ بیلیون کیلووات ساعت کاهش داده‌اند.** اگر این میزان کاهش تلفات را با قضاوت از نوع نیروگاه‌های آلمان بین آنها تقسیم کنیم، **مشخص می‌شود که از انتشار حدود ۵ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن جلوگیری شده‌است.** این مقدار صرفه‌جویی حدود ۴ برابر مقداری است که با استفاده از *انرژی الکتریکی سبز*، که امروزه رایج است، حاصل می‌شود.

باید نقش مهم سیستم‌های اصلاح ضریب توان در حفاظت از محیط زیست ترویج شود و گسترش یابد. این تکنولوژی پتانسیل کاهش ۴/۳ بیلیون کیلووات ساعت تلفات شبکه معادل با انتشار ۲/۵ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن در سال را دارد. این میزان حدود ۱۰ درصد مقدار کاهش پیش‌بینی‌شده در انتشار دی‌اکسید کربن صنعت برای برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست آلمان است.

مخاطب این مقاله مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان انرژی الکتریکی، اپراتورهای شبکه، و دولتمردان هستند و اطلاعاتی در زمینه‌های زیر ارائه می‌کند:

- ❖ مزایای اقتصادی اصلاح ضریب توان
- ❖ استفاده از اصلاح ضریب توان برای حفاظت از محیط زیست

همچنین راه‌کارهایی عملی پیشنهاد گردیده‌است:

- ❖ مصرف‌کنندگان بزرگ باید از حداکثر پتانسیل اصلاح ضریب توان برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی استفاده کنند، در نتیجه تلفات شبکهٔ خود را کاهش دهند و بار شبکه را بهینه و ولتاژ شبکه را پایدار کنند.

❖ اپـراتورهای شبکه باید بر اجرای قوانین فنی موجود نظارت دقیق داشته‌باشند تا تلفات خطوط انتقال و توزیع را کاهش دهند تا ظرفیت توان انتقالی خطوط افزایش یابد.

❖ شـرکت‌هـای برق باید برای توان راکتیو جریمه دریافت کنند که خود قدمی در جهت اهداف حفاظت از محیط زیست است.

❖ صـنعت تولـید برق باید با استفاده گسترده‌تر از سیستم‌های اصلاح ضریب توان از پتانسیل موجود برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن استفاده کند.

❖ دولتمردان و موسسات صنعتی باید از طرح حفاظت از محیط زیست با استفاده از سیستم‌های اصلاح ضریب توان پشتیبانی کنند و استفاده از آن را تشویق و حمایت کنند.

این پیشنهادها برای ایجاد راه‌کارهای عملی برای کمک به اقدامات پیشگیرانهٔ صنعت برای حفاظت از محیط زیست است. اگر آلمان در این راه سرمشق کشورهای اروپایی و دیگر کشورها گردد، آنها نیز در رسیدن به این هدف مشترک اقدام خواهند کرد.

حفاظت از محیط زیست یک دغدغهٔ همگانی است

کنوانسیون تغییرات محیط زیست

چهارچوب کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد تغییرات محیط زیست (UNFCCC) [۱] دستورالعمل بسیج جهانی برای کاهش گرمای زمین را بیان می‌کند. این کنوانسیون که در سال ۱۹۹۲ در اجلاس Earth Summit در ریو (Rio) به بحث گذاشته‌شد، مورد زیر را به‌عنوان هدف اصلی خود مطرح می‌کند: «ثبات تراکم گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین در سطحی که از اثرات خطرناک فعالیت‌های انسان در محیط زیست جلوگیری شود. این سطح باید در مدت زمانی که برای خو گرفتن طبیعی اکو سیستم‌ها با تغییرات محیط زیست کافی باشد، حاصل گردد؛ به این ترتیب اطمینان خواهیم داشت که تولید مواد غذایی تهدید نمی‌شود و توسعهٔ اقتصادی نیز بدون خسارات جبران‌ناپذیر انجام می‌پذیرد.»

اعضای حاضر در کنوانسیون تغییرات محیط زیست

استرالیا، اتریش، بلاروس، بلژیک، بلغارستان، کانادا، جمهوری چک، دانمارک، استونی، اتحادیهٔ اروپا، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، مجارستان، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، ژاپن، لاتویا، لتونی، لوکزامبورک، هلند، زلاندنو، نروژ، لهستان، پرتغال، رومانی، روسیه، اسلواکی، اسپانیا، سوئد، سوییس، ترکیه، اوکراین، انگلستان، ایالات متحدهٔ آمریکا.

پروتکل کیوتو

پروتکل کیوتو در چهارچوب کنوانسیون تغییرات محیط زیست سازمان ملل متحد [۲]، از تلاش جهانی برای جلوگیری از تغییرات محیط زیست پشتیبانی می‌کند. این پروتکل، که در نشست سوم کنفرانس اعضای کنوانسیون در سال ۱۹۹۷ با رای اکثریت به تصویب رسید، به کشورهای توسعه‌یافته که در ضمیمهٔ ۱ فهرست شده‌اند توصیه می‌کند که پس از تصویب این پروتکل، روش‌هایی قانونی محدود کردن یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سال‌های بعد از سال ۲۰۰۰ اتخاذ کنند.

۶ گاز گلخانه‌ای ذکرشده در پروتکل کیوتو

CO_2: دی‌اکسید کربن	HFCs: هیدرو فلوروکربن‌ها
CH_4: متان	PFCs: پر فلوروکربن‌ها
N_2O: اکسید نیترو	SF_6: هگزا فلوراید گوگرد

گروه کشورهای توسعه‌یافته وظیفهٔ خود می‌دانند که تا سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲، میزان انتشار ۶ گاز گلخانه‌ای کلیدی را حدود ۵٪ کاهش دهند. هر یک از این کشورها به سهم خود در رسیدن به این هدف نقش دارند.

به این منظور کشور سوییس و کشورهای مرکزی و شرقی اروپا و اتحادیهٔ اروپا انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را حدود ۸٪ کاهش خواهند داد. کشورهای مختلف عضو بنا بر توافق‌نامهٔ تقسیم مسوولیت موظف به کاهش مقادیر متفاوتی گاز شده‌اند. کشور آلمان موظف به کاهش حدود ۲۱٪ شده‌است.

هدف‌های حفاظت از محیط زیست پروتکل کیوتو و تقسیم مسوولیت در اتحادیهٔ اروپا

گازهای گلخانه‌ای	میزان انتشار در سال ۱۹۹۰	مقدار کاهش پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲
جهانی	۱۸,۱۴۷ میلیون تن	به‌میزان ۵٪ (کشورهای فهرست‌شده در ضمیمهٔ ۱)
اتحادیهٔ اروپا	۴,۲۰۸ میلیون تن	به‌میزان ۸٪
آلمان [۳]	۱,۲۰۹ میلیون تن	به‌میزان ۲۱٪ (بنابر توافق‌نامهٔ تقسیم مسوولیت در اتحادیهٔ اروپا)

برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست آلمان

گزارش سالانهٔ دولت فدرال آلمان در مورد گازهای گلخانه‌ای موجود [۴] اعلام می‌کند که انتشار گاز دی‌اکسید کربن بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۸ به میزان ۱۳٪ کاهش داشته‌است.

با درنظر گرفتن سهم بخش‌های مختلف، مشخص گردید که دو بخش زیر بیشترین سهم را در کاهش این گاز داشته‌اند:

- صنعت (۳۱٪ کاهش)
- تولید و تبدیل توان (۱۶٪ کاهش)

در مقابل دو بخش دیگر بیشترین نقش را در افزایش میزان انتشار این گاز داشته‌اند:

- مصرف خانگی (۶٪ افزایش)
- وسایل نقلیه (۱۱٪ افزایش) [۵]

پیشرفت پیش‌بینی‌شده، با در نظر گرفتن این آمار، روشن می‌سازد که برای برآورده‌ساختن انتظارات برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست دولت فدرال آلمان [۶]، تلاش بیشتری لازم است:

- کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن به‌میزان ۲۵٪ تا سال ۲۰۰۵ نسبت به آمار سال ۱۹۹۰
- کاهش انتشار ۶ گاز گلخانه‌ای به‌میزان ۲۱٪ از سال ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲

دولت فدرال آلمان برای جبران عقب‌ماندگی از برنامهٔ بالا، حدود ۵۰ تا ۷۰ میلیون تن گاز گلخانه‌ای، که ۲۵٪ کاهش را الزامی می‌داند، تدابیر مختلفی اندیشیده‌است. این تدابیر به‌طور خاص به‌این موارد محدود می‌شود [۷]:

- مصارف خانگی و ساختمان‌ها (۱۸ الی ۲۵ میلیون تن)
- انرژی و صنعت (۲۰ الی ۲۵ میلیون تن)
- وسایل نقلیه (۱۵ الی ۲۰ میلیون تن)

طرح ملی خازن‌گذاری در شبکه‌های فشار ضعیف ایران

از حدود ۳۰ سال قبل در استان خوزستان، نصب خازن در شبکه‌های فشار ضعیف هوایی به‌عنوان یک روش مفید کاهش افت ولتاژ و تلفات مورد استفاده قرار گرفته‌است. از سال ۱۳۷۵ نیز طی اجرای یک پروژهٔ تحقیقاتی در نواحی محدودی از شهر یزد اثرات و مزایای این روش خازن‌گذاری (با استفاده از نسل خازن‌های خودترمیم متداول‌شده طی دو دههٔ اخیر) به‌صورت آزمایشی بررسی شد و با انتشار نتایج و بررسی عملی و پذیرش سودمندی از طرف مسوولان، اجرای آن در برنامهٔ سوم توسعه مد نظر قرار گرفت. نتایج ملموس تحقیقات و مطالعات فنی و اقتصادی طرح، منجر به تایید آن به عنوان اولین و اصلی‌ترین طرح در موافقت‌نامهٔ کاهش تلفات برنامهٔ سوم توسعه گردید. به‌گونه‌ای که ۴۸٪ اعتبار کاهش تلفات در برنامهٔ سوم به خازن‌گذاری اختصاص یافت.

از سال ۱۳۷۹ اجرای طرح ملی خازن‌گذاری در شبکه‌های فشار ضعیف هوایی به عنوان یکی از روش‌های کاهش تلفات و با استفاده از اعتبارات تبصرهٔ ۲۷ قانون برنامهٔ سوم توسعه آغاز شد. بخش اول طرح، نصب خازن به صورت ثابت برای جبران حداقل بار راکتیو (و بخشی از پیک بار راکتیو) و بخش دیگر آن نصب خازن‌های سوییچ‌شونده بوده‌است. اولین سری خازن‌های خریداری‌شده از اردیبهشت ۱۳۸۰ تحویل و حدود ۵۰۰ مگا وار خازن (۴۰،۰۰۰ دستگاه ۱۲/۵ کیلو وار) طی بهار و تابستان سال ۸۰ در نقاط مختلف کشور به صورت ثابت نصب شد. در مجموع تا پایان شهریور ۸۱، ۲۰۰۰ مگا وار خازن ثابت تحویل شرکت‌های برق منطقه‌ای و تا پایان اسفند ۸۱ حدود ۱۴۰۰ مگا وار نصب شده است.

توافق‌نامهٔ جلوگیری از تغییر در محیط زیست

اعلامیهٔ مارس سال ۱۹۹۶ صنعت آلمان در مورد کاهش گرمای زمین بیان می‌کند که میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن تا سال ۲۰۰۵ باید به‌میزان ۲۰٪ کاهش یابد. طرح‌های مختلفی که تاکنون اجرا شده‌اند باعث کاهش حدود ۲۳٪ در انتشار گاز تا سال ۱۹۹۹ شده‌اند. در توافق‌نامهٔ بین صنعت آلمان و دولت فدرال آلمان در نوامبر سال ۲۰۰۰، موسسات شرکت‌کننده در طرح بار دیگر به تصمیم جدی برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای اشاره کردند. [۸] هدف مطرح‌شده کاهش میزان انتشار هر ۶ گاز گلخانه‌ای مورد بحث در پروتکل کیوتو تا سال ۲۰۱۲ به میزان قابل‌توجه ۳۵٪ از مقادیر آنها در سال ۱۹۹۰ بود و این‌که در سال‌های آینده تا سال ۲۰۰۵ نیز مقدار دی‌اکسید کربن به میزان ۲۸٪ از مقدار سال ۱۹۹۰ کاهش یابد. دولت فدرال آلمان و صنعت آلمان انتظار دارند که حجم انتشار گاز دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۰۵ به‌میزان ۱۰ میلیون تن کاهش یابد و در سال ۲۰۱۲ معادل ۱۰ میلیون تن دیگر که بیش از برنامه‌های داوطلبانهٔ پیش‌بینی‌شده خواهد بود.

حفاظت از محیط زیست با استفاده از اصلاح ضریب توان

تکنیکی که سالیان زیادی است برای استفادهٔ بهینه از انرژی الکتریکی به‌کار برده می‌شود، اصلاح ضریب توان (PFC) است.

اصلاح ضریب توان
= کاهش تلفات توان
= کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن
= حفاظت فعالانه از محیط زیست

امروزه این تکنیک با کاهش تلفات الکتریکی

در شبکه‌های انتقال و توزیع، و در نتیجه کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن، سهم بزرگی در حفاظت از محیط زیست دارد.

مفاهیم ذکرشده در GridCode سال ۲۰۰۰ [۱۰]

توان اکتیو توانی است که به صورت دیگری از توان مانند مکانیکی، حرارتی، شیمیایی، نوری، یا صوتی تبدیل می‌شود.

توان راکتیو توانی است که در تجهیزات الکتریکی برای ایجاد میدان‌های مغناطیسی (مانند موتورها و ترانسفورماتورها) یا میدان‌های الکتریکی (مانند خازن‌ها) مورد نیاز است. در یک میدان مغناطیسی توان راکتیو خاصیت سلفی دارد و در یک میدان الکتریکی توان راکتیو خاصیت خازنی دارد.

توان ظاهری جمع هندسی توان اکتیو و راکتیو است. این توان در هنگام طراحی مانند تاسیسات الکتریکی اهمیت زیادی دارد.

ضریب توان، کسینوس حاصل تقسیم توان اکتیو بر توان ظاهری است.

مفهوم اصلاح ضریب توان

توان راکتیو در کجا تولید می‌شود؟

بسیاری از تجهیزات الکتریکی مانند موتورهای تک‌فاز و سه‌فاز AC، هم به توان اکتیو و هم به توان راکتیو نیاز دارند. توان اکتیو به کار مفید مکانیکی تبدیل می‌شود، در حالی که توان راکتیو برای برقرار نگه‌داشتن میدان مغناطیسی موتور لازم است. توان راکتیو به‌طور متناوب بین ژنراتور و بار در حال رفت و برگشت است.

اثرات توان راکتیو

حاصل‌جمع برداری توان اکتیو P و توان راکتیو Q ، توان ظاهری S خواهد بود.

اپراتورهای ژنراتورها و خطوط انتقال باید این مقدار توان ظاهری را در اختیار داشته‌باشند و ارسال کنند. این به‌مفهوم آن است که ژنراتورها، ترانسفورماتورها، خطوط توان، کلیدها، و غیره باید بر اساس توان ظاهری طراحی شوند و نه توان اکتیو.

توان ظاهری

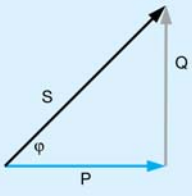
$S^2 = P^2 + Q^2$

توان اکتیو

$P = S.\cos\varphi$

توان راکتیو

$Q = S.\sin\varphi$



مثال: موتور سه‌فاز

توان اکتیو: ۵۰۰ کیلووات

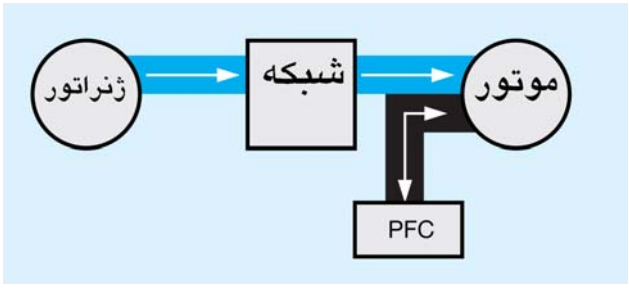
توان راکتیو: ۵۱۰ کیلووار

توان ظاهری کل: ۷۱۴ کیلو ولت‌آمپر

گرچه توان مکانیکی خروجی موتور ۵۰۰ کیلووات است، شبکهٔ تغذیه‌کننده باید ۷۱۴ کیلو ولت‌آمپر (حدود ۱۴۳٪ توان اکتیو) توان ارسال کند.

در نتیجه شرکت‌های برق در تولید و تلفات توان با هزینهٔ مضاعف روبرو می‌شوند. بنابراین آنها برای مصرف توان راکتیو بیشتر از حد تعیین‌شده جریمه دریافت می‌کنند. معمولا ضریب توانی بین ۱/۰ تا ۰/۹ به عنوان ضریب توان مطلوب اعلام می‌شود. [۹]

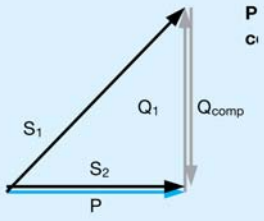
اصلاح ضریب توان



اگر ضریب توان اصلاح شود، مثلا با نصب یک خازن در سر راه بار، باعث کاهش یا حذف کامل توان راکتیو لازم می‌شود. سیستم اصلاح ضریب توان زمانی بهترین بازدهی را دارد که در نزدیکی بار باشد و از جدیدترین تکنولوژی روز استفاده کند.

توان راکتیو سلفی Q_1 به‌طور کامل یا به‌طور نسبی توسط توان راکتیو خازنی Q_{comp} جبران می‌شود و توان ظاهری از مقدار S_1 به S_2 کاهش می‌یابد.

اصلاح ضریب توان



مثال: موتور سه‌فاز با سیستم اصلاح ضریب توان (PFC)

توان اکتیو:	۵۰۰ کیلووات
توان راکتیو:	۵۱۰ کیلووار
توان راکتیو سیستم PFC:	۵۱۰ کیلووار
توان راکتیو کل:	۰ کیلووار
توان ظاهری کل:	۵۰۰ کیلو ولت‌آمپر

موتور مانند قبل ۵۰۰ کیلووات توان اکتیو جذب می‌کند، ولی توان راکتیو آن کاملا جبران می‌شود و شبکه تنها باید توان ظاهری ۵۰۰ کیلو ولت‌آمپر ارسال کند (برابر توان اکتیو). بنابراین جبران‌سازی در این مورد باعث کاهش ۴۳٪ توان انتقالی از خطوط شده‌است.

فواید اقتصادی اصلاح ضریب توان

صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی راکتیو

به‌عنوان مثال یک شرکت صنعتی را با توان متوسط ۵۰۰ کیلووات در نظر بگیرید که سالیانه حدود ۴۰۰۰ ساعت با ضریب توان متوسط ۰/۷ کار می‌کند. تعرفه‌های توان به این شرکت اجازه می‌دهد که بدون پرداخت جریمه به‌اندازهٔ ۵۰٪ توان اکتیو، توان راکتیو مصرف کند. (این مقدار توان راکتیو، معادل ضریب توان ۰/۹ است.) این شرکت بدون اصلاح ضریب توان باید سالیانه ۹۹,۶۴۰,۰۰۰ ریال جریمه بپردازد. خازنی با توان راکتیو ۲۶۸ کیلو وار برای اصلاح ضریب توان و رساندن آن به ۰/۹ مورد نیاز است. ولی معمولا از اولین ظرفیت استاندارد بزرگتر استفاده می‌شود که در این مورد ۳۰۰ کیلو وار است. زمان بازگشت سرمایه برای این سیستم کمتر از ۱ سال است که خود نشان‌دهندهٔ صرفهٔ اقتصادی اصلاح ضریب توان است.

بخشی از قبض برق سالیانه

انرژی با تعرفهٔ معمولی:	۲,۰۰۰,۰۰۰ کیلووات ساعت
انرژی راکتیو با تعرفهٔ معمولی:	۲,۰۴۰,۴۰۸ کیلو وار ساعت
انرژی راکتیو بدون جریمه:	۱,۰۰۰,۰۰۰ کیلو وار ساعت
تعرفه: ۹ ریال برای هر کیلو وار ساعت	
ظرفیت سیستم PFC مورد نیاز:	**۲۶۸ کیلو وار**
ظرفیت سیستم PFC نصب‌شده:	۳۰۰ کیلو وار
هزینهٔ سرمایه‌گذاری و نصب:	۷۷,۰۰۰,۰۰۰ ریال
زمان بازگشت سرمایه:	**۰/۸ سال**

تحلیل تلفات و هزینه‌ها

توان نامی ترانسفورماتور:	۸۰۰ کیلو ولت‌آمپر
توان ظاهری نصب‌شده:	۷۱۴ کیلو ولت‌آمپر
تلفات ترانسفورماتور و خطوط: (بدون سیستم PFC)	۱۰/۰ کیلووات
سیستم PFC:	**۲۶۸ کیلو وار**
توان ظاهری جبران‌شده:	۵۵۶ کیلو ولت‌آمپر
تلفات ترانسفورماتور و خطوط: (با سیستم PFC)	۶/۸ کیلووات
مقدار ناخالص کاهش تلفات:	۳/۲ کیلووات
تلفات درون سیستم PFC:	۰/۶ کیلووات
مقدار خالص کاهش تلفات:	۲/۶ کیلووات
کاهش مصرف توان اکتیو:	۱۰,۲۳۲ کیلووات ساعت در سال
هزینهٔ انرژی اکتیو (با احتساب مالیات):	۷۷۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
کاهش هزینه‌ها ناشی از کاهش تلفات:	۷,۸۸۰,۰۰۰ ریال در سال

صرفه‌جویی‌های جنبی در اثر کاهش اتلاف توان اکتیو

شرکتی که در مثال قبل مطرح شد، در درون خطوط توزیع داخلی تلفات توان دارد و مانند هر مصرف‌کننده‌ای باید بهای این تلفات توان اکتیو را بپردازد. استفاده از اصلاح ضریب توان، توان ظاهری درون شبکهٔ شرکت را کاهش می‌دهد و بنابراین تلفات توان و هزینه‌های انرژی اکتیو نیز کاهش می‌یابند. در بررسی فواید حاصل‌شده در کل باید تلفات داخلی سیستم اصلاح ضریب توان را نیز به حساب آورد.

علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی راکتیو، سیستم اصلاح ضریب توان در این مثال هزینه‌های توان اکتیو تلف‌شده در شبکه را نیز به میزان ۷,۸۸۰,۰۰۰ ریال در سال کاهش می‌دهد.

کاهش در هزینه‌های سرمایه‌گذاری

شرکت مورد نظر قصد دارد که حدود فعالیت خود را گسترش دهد و در نتیجه توان مصرفی به میزان ۲۰۰ کیلووات افزایش خواهد یافت. ترانسفورماتور مورد استفاده با ظرفیت ۸۰۰ کیلو ولت‌آمپر تاکنون برای نیاز شرکت کافی بوده‌است ولی اکنون دیگر جوابگو نیست. این مشکل باعث می‌شود که به ترانسفورماتور، کلید، کابل‌کشی، تابلوهای توزیع و غیره نیاز باشد. در این مساله توان ظاهری با استفاده از اصلاح ضریب توان قابل کاهش است و تجهیزات کنونی برای گسترش شرکت کافی خواهند بود. باید توجه کرد که در صورت عدم تصحیح ضریب توان به حدود ۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال سرمایه‌گذاری بیشتر نیاز خواهیم داشت.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای گسترش شرکت

توان اکتیو نصب‌شده:	۵۰۰ کیلووات
ضریب توان:	۰/۷
توان ظاهری نصب‌شده:	۷۱۴ کیلو ولت‌آمپر
توان نامی ترانسفورماتور:	۸۰۰ کیلو ولت‌آمپر
میزان بارگذاری ترانسفورماتور:	٪۸۹
توان اکتیو پس از گسترش:	۷۰۰ کیلووات
ضریب توان:	۰/۷
توان ظاهری پس از گسترش:	۱۰۰۰ کیلو ولت‌آمپر
توان نامی ترانسفورماتور:	۸۰۰ کیلو ولت‌آمپر
میزان بارگذاری ترانسفورماتور:	٪۱۲۵
مقدار سرمایه‌گذاری لازم برای گسترش:	۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال
سیستم اصلاح ضریب توان:	**۳۷۵ کیلو وار**
توان اکتیو پس از گسترش:	۷۰۰ کیلووات
توان ظاهری پس از گسترش:	۷۷۸ کیلو ولت‌آمپر
میزان بارگذاری ترانسفورماتور:	٪۹۷
سیستم اصلاح ضریب توان:	۴۰۰ کیلو وار
مقدار سرمایه‌گذاری لازم:	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال
کاهش در میزان سرمایهٔ لازم:	**۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال**

سیستم‌های اصلاح ضریب توان، هزینه‌های انرژی و سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهند.

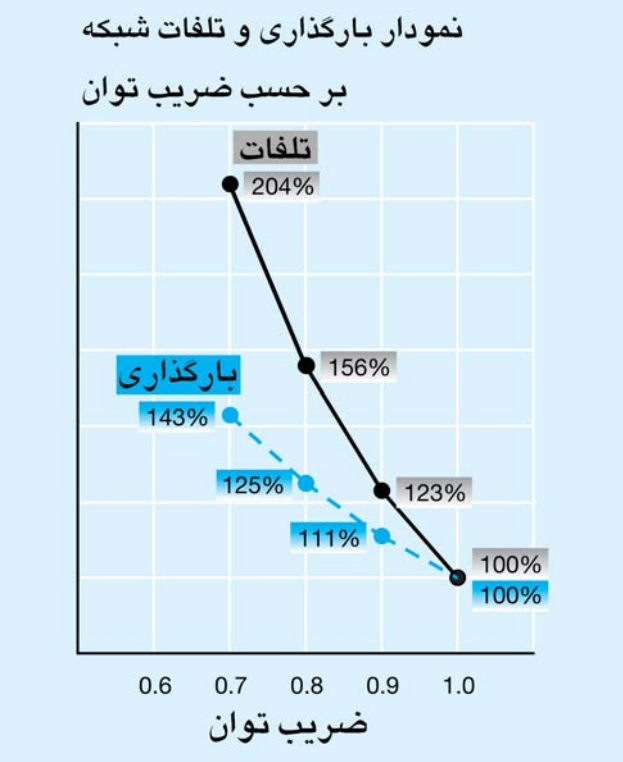
کاهش اتلاف توان اکتیو با استفاده از اصلاح ضریب توان:

وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در آلمان

ضریب توان، میزان بارگذاری فعلی شبکه، تلفات شبکه

اصلاح ضریب توان، توان ظاهری در شبکه و همچنین میزان بارگذاری آن ناحیه از شبکه را کاهش می‌دهد. میزان تلفات با توان دو جریان متناسب است:

۵٪ کاهش جریان = ۱۰٪ کاهش تلفات



ضریب توان علامت نشان‌دهندهٔ میزان توان راکتیو در یک شبکه است. نمودار روبرو نشان می‌دهد که چگونه بارگذاری شبکه و تلفات شبکه به ضریب توان وابسته است. (وقتی ضریب توان برابر واحد است، یعنی جبران‌سازی کامل انجام شده‌است، بارگذاری ۱۰۰٪ تعریف شده‌است.) هرقدر که ضریب توان کوچکتر شود، توان راکتیو و در نتیجه بارگذاری و تلفات شبکه نیز بیشتر است. این قانون هم برای مصرف‌کننده و هم برای خطوط انتقال و توزیع توان الکتریکی برقرار است.

تلفات شبکه در آلمان

تلفات شبکه در شبکهٔ سیستم‌های انتقال و توزیع و همچنین در شبکه‌های توزیع مشترکین صنعتی رخ می‌دهد. اصلاح ضریب توان بر روی تلفات وابسته به جریان شبکه تاثیر می‌گذارد. محاسبهٔ تلفات وابسته به جریان (ضمیمه را ببینید) در شبکه‌های انتقال و توزیع به‌همراه شبکه‌های توزیع مشترکین صنعتی نشان می‌دهد که میزان تلفات در حدود ۲۷/۴ بیلیون کیلووات ساعت است.

تلفات شبکه وابسته به جریان

اپراتورهای شبکه:	۲۴/۴ بیلیون کیلووات ساعت
مشترکین صنعتی:	۳/۰ بیلیون کیلووات ساعت
مجموع:	۲۷/۴ بیلیون کیلووات ساعت

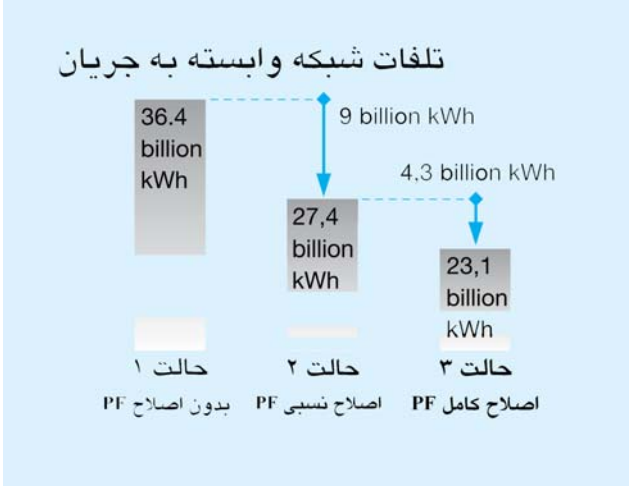
اصلاح ضریب توان برای مشترکین صنعتی از دو جنبه مفید است: اول این‌که تلفات توان و در نتیجه هزینه‌های انرژی در شبکهٔ خود مصرف‌کننده کاهش می‌یابد، و دوم تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع نیز کاهش می‌یابد.

اصلاح ضریب توان باعث کاهش تلفات شبکهٔ آلمان شده‌است

اثر اصلاح ضریب توان بر تلفات شبکه (ضمیمه) را با بررسی سه حالت زیر انجام می‌دهیم:

۱. بدون اصلاح ضریب توان

تلفات شبکه بدون اصلاح ضریب توان چقدر خواهد بود؟ (یعنی بدون سیستم‌هایی که اکنون در حال کار هستند.)



۲. اصلاح نسبی ضریب توان

در این حالت وضعیت فعلی شبکه با ضریب توان ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود.

۳. اصلاح کامل ضریب توان

تلفات شبکه در صورت استفادهٔ کامل از سیستم‌های اصلاح ضریب توان چقدر خواهد بود؟ (ضریب توان ۱/۰)

مقایسه بین حالت‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که:

❖ سیستم‌های اصلاح ضریب توان کنونی باعث کاهش تلفات شبکه به میزان ۹ بیلیون کیلووات ساعت در سال می‌شود.

این میزان حدودا برابر انرژی تولیدشده توسط ۶ نیروگاه زغالی یا مصرف برق ۲/۷ میلیون خانوار است.

اصلاح ضریب توان، در سال ۱۹۹۹ تلفات شبکه را به میزان ۹ بیلیون کیلووات ساعت کاهش داد.

مقایسه بین حالت‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد که:

❖ سیستم‌های اصلاح ضریب توان پتانسیل کاهش ۴/۳ بیلیون کیلووات ساعت دیگر را دارند.

این میزان حدودا برابر انرژی تولیدشده توسط ۳ نیروگاه زغالی یا مصرف برق ۱/۳ میلیون خانوار است.

اصلاح ضریب توان، در سال ۱۹۹۹ انتشار گاز دی‌اکسید کربن در آلمان را به میزان ۵,۱ میلیون تن کاهش داد.

کاهش اتلاف توان اکتیو با استفاده از اصلاح ضریب توان:

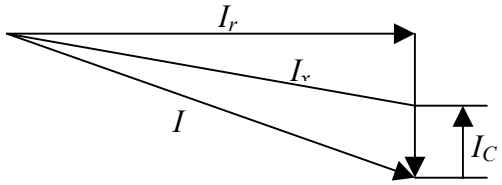
وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در ایران

ضریب توان، میزان بارگذاری فعلی شبکه، تلفات شبکه

بنا بر آمار سال ۱۳۷۵، از کل ۲۰/۸٪ تلفات انرژی الکتریکی در کشور ۵/۳٪ مصرف داخلی نیروگاه‌ها، ۳/۵٪ تلفات شبکهٔ انتقال و فوق توزیع و ۱۲٪ تلفات شبکه‌های توزیع بوده‌است. به‌عبارت دیگر ۷۵٪ تلفات مستقیما مربوط به شبکه‌ها و تلفات هادی‌ها می‌باشد. بخشی از مصرف داخلی نیروگاه‌ها را هم می‌توان متناسب با تلفات هادی‌ها (متناسب با مجذور جریان) مدل کرد.

با توجه به سهم زیاد بارهای خانگی از پیک بار (بارهای خانگی حدود ۳۵٪ از کل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهند ولی سهم آنها از پیک بار حدود ۵۸٪ است)، و همچنین بارهای دیگر مانند بارهای تجاری، عمومی، و موسسات شبانه‌روزی که ماهیت و ضریب توان آنها شبیه بارهای خانگی است، ضریب توان بیشتر بارهای مصرفی نامناسب است. این مطلب موجب رشد قابل ملاحظهٔ درصد تلفات پیک بار می‌شود: از آنجا که تلفات هادی‌ها با مجذور جریان متناسب است، اندازهٔ آن با توان دوم افزایش می‌یابد. علاوه بر این هزینهٔ تولید انرژی اضافه بر بار پایه در پیک بار (عمدتا به‌وسیلهٔ نیروگاه‌های گازی) حدود ۲ برابر هزینهٔ تولید انرژی در بار پایه (توسط نیروگاه‌های بخاری و ...) است. بنابراین مابه‌التفاوت انرژی الکتریکی مورد نیاز بار پیک و بار پایه با هزینه‌ای حدود ۲ برابر تولید می‌شود و در نتیجه متوسط هزینهٔ انرژی الکتریکی در پیک بار افزایش می‌یابد.

در شکل نحوهٔ تاثیر جریان خازن بر بردار جریان را با فرض مدل متعارف بار می‌بینیم:



بنابراین کاهش تلفات از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$Loss = R\left(I_r^2 + I_x^2\right) - R\left(I_r^2 + \left(I_x - I_C\right)^2\right) = R\left(2I.\sin\varphi - I_C\right).I_C$$

مشاهده می‌شود که به‌ازای یک خازن مشخص، وقتی مقاومت مسیر بیشتر باشد (مانند فیدرهای طولانی)، اندازهٔ کاهش تلفات هم بیشتر است. در جدول میزان تلفات قابل کاهش را بر حسب ضرایب توان ۰/۷ تا ۰/۹۸ می‌بینیم:

نسبت تقریبی کیلووات به کیلو وار	درصد قابل کاهش	ضریب توان	توضیح
۱	۵۱	۰/۷	وضعیت فعلی
۱/۳	۳۶	۰/۸	
۲	۱۹	۰/۹	
۳	۱۰	۰/۹۵	هدف
۴	۶	۰/۹۷	
۵	۴	۰/۹۸	

همان‌طور که مشاهده می‌شود در ضریب توان ۰/۷ حدود ۵۰٪ و در ضریب توان ۰/۹ حدود ۲۰٪ اضافه‌تلفات نسبت به حالت ایده‌آل (ضریب توان ۱/۰) وجود دارد. با توجه به مقادیر متداول ضریب توان شبکه‌های فشار ضعیف توزیع که غالبا حدود ۰/۷ تا ۰/۹ است، اضافه‌تلفات قابل ملاحظهٔ مذکور (۲۰٪ تا ۵۰٪) صرفا به دلیل نامناسب‌بودن ضریب توان و کمبود خازن نصب‌شده به شبکه تحمیل می‌شود. با فرض تلفات پیک بار ۲۷٪ و ضریب توان میانگین ۰/۹ در ساعات پیک بار (فرضی خوش‌بینانه) در صورت رسیدن به ضریب توان ۰/۹۵ تلفات پیک بار به ۲۵٪ کاهش می‌یابد.

تلفات شبکه‌های فشار ضعیف به دلیل سطح ولتاژ کمتر (و در نتیجه جریان بیشتر) حدود نیمی از تلفات پیک بار است و از اینرو توجه به کاهش تلفات فشار ضعیف اولویت دارد، علاوه بر این با توجه به نحوهٔ تامین انرژی الکتریکی، کاهش تلفات فشار ضعیف موجب کاهش تلفات سطوح ولتاژ بالاتر نیز می‌شود ولی عکس این واقعه اتفاق نمی‌افتد.

حفاظت از محیط زیست با استفاده از اصلاح ضریب توان:

وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در آلمان

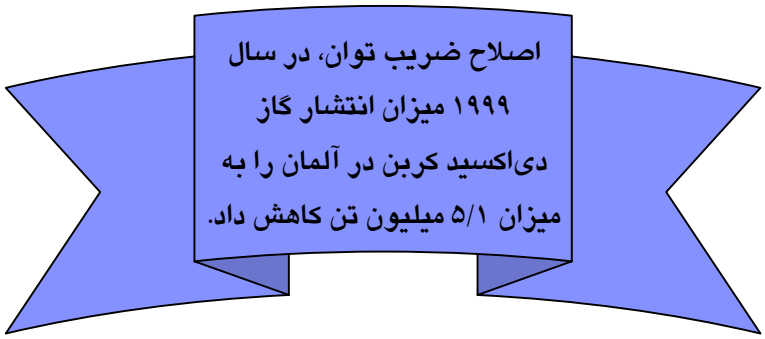
کاهش تلفات به معنی حفاظت از محیط زیست است

استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تولید الکتریسیته به‌معنی آزادشدن گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در اتمسفر است. سهم هر واحد توان الکتریکی تولیدشده در انتشار گاز دی‌اکسید کربن با آگاهی از نوع نیروگاه‌های آلمان امکان‌پذیر است. با توجه به تعداد زیاد نیروگاه‌های سوخت فسیلی، این عدد در سال ۱۹۹۹ در آلمان برابر ۰/۵۷ کیلوگرم دی‌اکسید

کربن به‌ازای هر کیلووات ساعت [۱۱]، و در کل اتحادیهٔ اروپا برابر ۰/۴۰ [۱۲] بوده‌است.

در حال حاضر نیز اصلاح ضریب توان نقش بزرگی در حفاظت از محیط زیست دارد

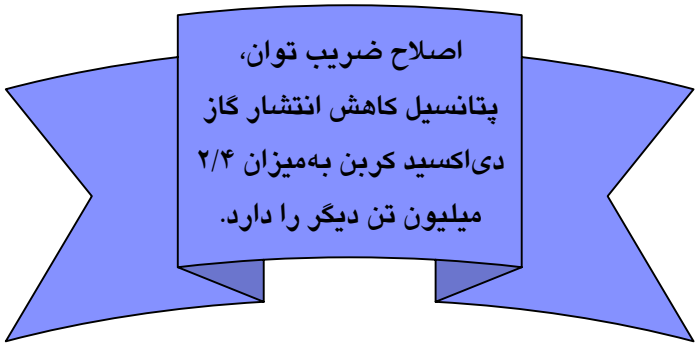
در سال ۱۹۹۹ در آلمان سیستم‌های اصلاح ضریب توان تلفات شبکه را به میزان ۹ بیلیون کیلووات ساعت کاهش دادند، که تقریبا معادل انتشار ۵ میلیون تن گاز دی‌اکسید کربن است.



باید نقش مهم سیستم‌های اصلاح ضریب توان در حفاظت از محیط زیست ترویج شود و گسترش یابد.

اصلاح ضریب توان هنوز پتانسیل زیادی در حفاظت از محیط زیست دارد

هنوز پتانسیل کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن به میزان ۲/۴ میلیون تن در سال با استفادهٔ بیشتر و وسیعتر از سیستم‌های اصلاح ضریب توان وجود دارد.



مقایسهٔ میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن با دیگر تدابیر حفاظتی

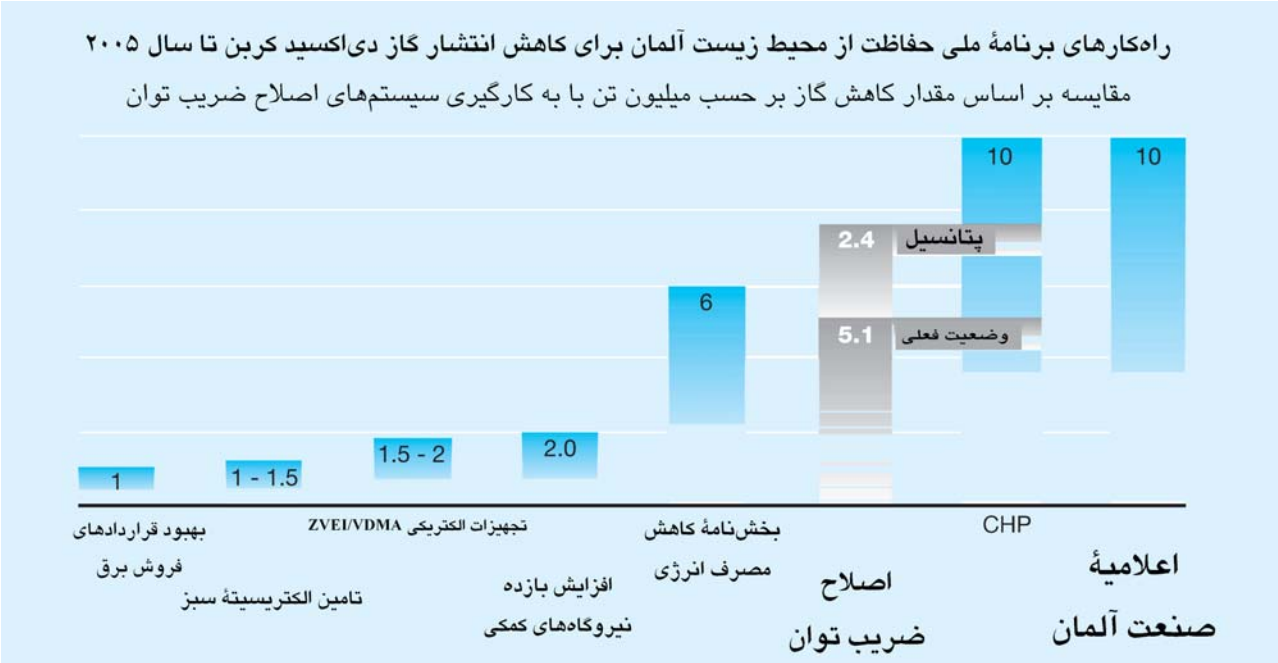
برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست دولت فدرال آلمان تدابیر مختلفی برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن اندیشیده‌است. برخی از این طرح‌ها اجرا شده‌اند، در حالی که در مورد معرفی برخی دیگر بحث وجود دارد. برخی از این طرح‌ها با تامین منابع مالی در حال گسترش هستند و برخی دیگر برای اجرا به وضع قوانین جدید نیاز دارند.

برای بخش صنعت و مصرف‌کنندگان کوچک حدود ۷ راه‌کار به‌همراه اثر کاهشی پیش‌بینی‌شده برای هریک بر حسب میلیون تن تا سال ۲۰۰۵ [۱۳] پیشنهاد شده‌است:

- بهبود قراردادهای فروش برق ۱/۰
- تامین الکتریسیتهٔ سبز ۱/۵
- اعلامیهٔ ZVEI/VDMA در مورد تجهیزات الکتریکی ..... ۱/۵ الی ۲/۰
- افزایش بازده نیروگاه‌های کمکی ۲/۰
- بخشنامهٔ کاهش مصرف انرژی ۶/۰
- برنامهٔ درازمدت تولید توام گرما و الکتریسیته (CHP) ۱۰/۰
- گسترش بیشتر در برنامهٔ جلوگیری از گرم‌شدن زمین توسط صنعت آلمان ۱۰/۰

مقایسه با برنامهٔ ملی حفاظت از محیط زیست نشان می‌دهد که اصلاح ضریب توان، با کاهشی حدود ۵ میلیون تن در سال در انتشار گاز دی‌اکسید کربن، نقش فعالی در حفاظت از محیط زیست دارد و پتانسیل کاهش حدود ۲/۵ میلیون تن دیگر را دارد.

در حال حاضر نیز اصلاح ضریب توان نقش بزرگی در حفاظت از محیط زیست دارد



وضعیت موجود و برنامهٔ توسعه در ایران

کاهش تلفات به معنی حفاظت از محیط زیست است

توجیه اقتصادی خازن‌گذاری در شبکه‌های فشار ضعیف، ارتباط مستقیم با میزان کاهش تلفات آنها دارد. در جدول زیر بر مبنای نمونه‌مقادیر اندازه‌گیری شده در شرکت‌های توزیع برق کشور از ۱۴ شرکت برق منطقه‌ای از کل ۱۶ شرکت تنظیم شده‌است.

ردیف	نام شرکت برق	تغییر ولتاژ (٪)	تغییر تلفات (٪)	تغییر جریان (٪)	تغییر ضریب توان (٪)
۱	آذربایجان	۱	-۲۱	-۱۱	-
۲	اصفهان	۱	-۱۷	-۸	۵
۳	باختر	۱/۲	-۳۳	-۱۹	۹
۴	تهران	-	-۳۰	-۱۶	۱۴/۵
۵	زنجان	۲/۷	-۲۳	-۱۳	۲۴
۶	سمنان	۱	-۱۶	-۸	۲
۷	سیستان و بلوچستان	۵	-۳۶	-۲۱	۱۱
۸	غرب	۲	-۲۲	-۱۲	۹
۹	فارس	۲/۳	-۱۸	-۹	۹
۱۰	کرمان	۰/۵	-۳۵	-۲۰	۱۵
۱۱	گیلان	۱/۵	-۱۹	-۱۰	۲۷
۱۲	مازندران	۱/۲	-۲۸	-۱۶	۲۰
۱۳	هرمزگان	۱/۵	-۲۵	-۱۳	۸
۱۴	یزد	۱	-۳۳	-۱۷	۱۶
میانگین شاخص‌ها		**+۲/۱**	**-۲۵/۴**	**-۱۳/۸**	**+۱۳**

همانطور که مشاهده می‌شود به‌طور میانگین ۲۵٪ تلفات فیدرهای فشار ضعیف در پیک بار در اثر خازن‌گذاری کاسته شده‌است. این میزان می‌توان ۳٪ تا ۵٪ کل انرژی مورد نیاز فیدر باشد.

اثرات اقتصادی

در جدول زیر به‌اختصار شاخص‌های اقتصادی طرح ملی خازن‌گذاری بیان شده‌است:

مرحلهٔ اول خازن‌گذاری ثابت فشار ضعیف	۲۰۰۰ مگا وار
آزادسازی ظرفیت نامی ناشی از خازن‌گذاری	۰/۲ کیلووات به ازای هر کیلو وار
ظرفیت نامی قابل آزادسازی	۴۰۰ مگاوات
ارزش ظرفیت نامی قابل آزادسازی	۴۰۰ تا ۷۰۰ میلیون دلار
معادل هزینهٔ خرید و نصب خازن	۶ تا ۷ میلیون دلار
نسبت صرفهٔ اقتصادی	۷۰ الی ۱۰۰ برابر

بیشترین میزان تاثیر ارائه‌شده در این زمینه مربوط به شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان و برآورد تقریبی کاهش تلفات پیک بار فشار ضعیف معادل ۱ کیلووات به ازای هر ۴ کیلو وار خازن نصب‌شده و کاهش تلفات پیک بار حدود ۲۵ مگاوات، پس از نصب حدود ۱۰۰ مگا وار خازن (تنها در سطح فشار ضعیف) بوده‌است.

افق‌های آینده

وضعیت موجود در آلمان

در حال حاضر نیز اصلاح ضریب توان نقش بزرگی در حفاظت از محیط زیست دارد. باید نقش مهم سیستم‌های اصلاح ضریب توان در حفاظت از محیط زیست ترویج شود و گسترش یابد.

استفادهٔ کامل از پتانسیل موجود در آلمان

هنوز می‌توان از پتانسیل اضافی کاهش تلفات شبکه و انتشار گاز دی‌اکسید کربن استفاده کرد، زیرا ضریب توان کنونی (۰/۹) به‌حد کافی اقتصادی و به‌صرفه نیست. هنوز می‌توان با اصلاح کامل، ضریب توان را به ۱/۰ رساند و توان راکتیو را به‌طور کامل جبران کرد. البته باید جنبه‌های فنی دیگر را هم مانند جبران‌سازی اضافه در کابل‌های شبکه یا عدم پاسخ‌گویی سریع سیستم‌های اصلاح ضریب توان را در نظر گرفت.

گفتگو و بحث بین شرکت‌های برق، اپراتورهای شبکه، و متخصصان سیستم‌های اصلاح ضریب توان اهمیت زیادی دارد تا به‌این ترتیب حداکثر ضریب توان به‌صرفه و قابل اجرا در بازار امروز مشخص گردد.

روش‌های دیگر در آلمان

از سیستم‌های اصلاح ضریب توان tuneشده و مدارهایشان، نتیجهٔ مثبت دیگری به دست می‌آید. این مدارها قابلیت بلوک‌کردن هارمونیک‌ها را دارند. این عمل باعث بهبود کیفیت توان تغذیه می‌شود زیرا شکل موج‌های ولتاژ و جریان به‌صورت سینوسی مطلوب درمی‌آیند و در شبکه‌های توزیع و انتقال، هارمونیک مشاهده نمی‌شود. کاهش

جریان بیشتر در مدارها به معنی کاهش تلفات و انتشار گاز دی‌اکسید کربن است. این اثر مثبت باید با مطالعات بیشتر و عمیق‌تر بررسی شود.

توجه به موضوع حفاظت از محیط زیست با استفاده از سیستم‌های اصلاح ضریب توان می‌تواند باعث تشویق کشورهای اروپایی و دیگر کشورها شود.

آیندهٔ طرح خازن‌گذاری در ایران و اولویت‌های ادامهٔ آن

در حال حاضر از نظر مسوولیت، اختیارات، پاسخ‌گویی، و پیگیری مسایل مربوط به توان راکتیو، سازمان‌دهی خاصی در کشور وجود ندارد و فعالیت‌های موازی و اظهار نظرهای متفاوت و متعددی در این زمینه ارائه می‌شود. در این میان مسایل مربوط به سیاست‌گذاری به دلیل اهمیت زیربنایی، جایگاه خاصی دارند و متاسفانه در این زمینه نیز مرجع مشخصی وجود ندارد. این امر یکی از دلایل مهم کندی پیشرفت اصلاح ضریب توان به‌ویژه در سطح مصرف و فشار ضعیف می‌باشد. در صورت ایجاد چنین ساختار و مرجعی، مسیرهای تصمیم‌گیری و همچنین اعلام و اعمال نظرات اصلاحی، مشخص و به‌تدریج نهادینه می‌شود. به‌عنوان نمونه با وجود گذشت دو سال از اجرای طرح خازن‌گذاری در شبکه‌های فشار ضعیف و مشخص‌شدن نتایج عملی آن، هنوز شبهاتی در مورد فواید خازن‌گذاری ثابت مطرح می‌شود و در مراجع مختلف، تصمیمات گوناگونی در این زمین اتخاذ می‌شود و در نهایت استفادهٔ مناسبی از تجارب ملی در جهت بهبود فعالیت‌ها صورت نمی‌پذیرد.

ضمیمه

تلفات وابسته به جریان در شبکهٔ آلمان در سال ۱۹۹۹

تلفات توان نه‌تنها در شبکه‌های انتقال و توزیع رخ می‌دهند بلکه در شبکه‌های توزیع مشترکین صنعتی نیز رخ می‌دهد. اصلاح ضریب توان بر تلفات وابسته به جریان اثر می‌گذارد.

بر اساس VDEW [۱۴]، تلفات درون شبکه‌های آلمان در سال ۱۹۹۹ حدود ۲۸ میلیون مگاوات ساعت بوده‌است.

بر اساس تحقیقی [۱۵] که توسط اتحادیهٔ اروپا برای بررسی تلفات وابسته به جریان انجام شده‌است، لازم شد که بین تلفات خط و تلفات ترانسفورماتور تفاوت قائل گردیده‌شود. با در نظر گرفتن یک ترانسفورماتور معمولی، تلفات ترانسفورماتور نیز به تلفات مسی و آهنی تقسیم شد.

تلفات شبکه‌های توزیع و انتقال

تلفات خطوط و ترانسفورماتورها

کل تلفات شبکهٔ آلمان در سال ۱۹۹۹:	۲۸ میلیون مگاوات ساعت
سهم تلفات خطوط (۵۷٪):	۱۶ میلیون مگاوات ساعت
سهم تلفات ترانسفورماتورها (۴۳٪):	۱۲ میلیون مگاوات ساعت

تلفات مسی و آهنی ترانسفورماتورها

مانند یک ترانس ۱۶۰۰ کیلو ولت‌آمپری ۶۰٪ تحت بار [۱۶]

تلفات آهن در بی‌باری:	۲٫۸ کیلووات
تلفات مسی در بار کامل:	۱۷ کیلووات
تلفات آهن در ۶۰٪ تحت بار:	۲٫۸ کیلووات (۳۰٪)
تلفات مسی در ۶۰٪ تحت بار:	۶٫۱ کیلووات (۷۰٪)
کل تلفات در ۶۰٪ تحت بار:	۸٫۹ کیلووات

تلفات وابسته به جریان

تلفات خطوط:	۱۶ میلیون مگاوات ساعت
تلفات ترانسفورماتورها (۷۰٪ ۱۲ میلیون مگاوات ساعت):	۸/۴ میلیون مگاوات ساعت
تلفات وابسته به جریان:	۲۴/۴ میلیون مگاوات

تحقیق نشان داد که تلفات سیستم‌های انتقال و توزیع ۲۴/۴ میلیون مگاوات ساعت بوده‌است.
تلفات شبکه‌های توزیع مشترکین صنعتی در تلفات شبکه به حساب نیامده‌اند. مدل محاسبهٔ این تلفات شامل یک خط انتقال قدرت در یک مدار فشار متوسط، یک ترانسفورماتور، و یک خط انتقال قدرت در یک مدار فشار ضعیف به‌علاوهٔ سیستم اصلاح ضریب قدرت برای رساندن ضریب توان به ۰/۹ است.

تحقیق تلفات وابسته به جریان را در شبکه‌های توزیع مشترکین صنعتی در حدود ۳/۰ میلیون مگاوات ساعت نشان داد.

تلفات در شبکه‌های مشترکین صنعتی

۲۰ متر خط فشار متوسط در بار کامل:	۰٫۱ کیلووات
ترانسفورماتور ۱۰ به ۰/۴ کیلو ولت:	۸۰۰ کیلو ولت‌آمپر
تلفات آهن در بی‌باری:	۱/۹ کیلووات
تلفات مس در بار کامل:	۸/۲ کیلووات
۲۰ متر خط فشار ضعیف در بار کامل:	۱/۸ کیلووات
بار	
توان اکتیو:	۵۰۰ کیلووات
ضریب توان تصحیح‌شده:	۰/۹
توان ظاهری:	۵۵۶ کیلو ولت‌آمپر
میزان بارگذاری ترانسفورماتور:	٪۶۹
تلفات خطوط انتقال (فشار متوسط و ضعیف):	۰/۹ کیلووات
تلفات مسی ترانسفورماتور:	۴/۰ کیلووات
کل تلفات وابسته به جریان:	۴/۹ کیلووات
نسبت تلفات فوق به توان اکتیو بار:	٪۱/۰
توان مصرفی مشترکین با قرارداد خاص به‌علاوهٔ تولید برق داخلی:	۳۰۷ میلیون مگاوات ساعت
تلفات وابسته به جریان (٪۱):	۳/۰ میلیون مگاوات ساعت

متوسط ضریب توان در شبکهٔ آلمان در سال ۱۹۹۹

مصرف توان اکتیو به‌طور کلی توسط ۲ گروه اصلی انجام می‌شود: گروه اول مشترکین صنعتی (Special Contract Customers) و گروه دوم مصرف‌کنندگان معمولی (Tariff Customers). ضریب توان متوسط برای هر ۲ گروه مصرف‌کنندگان محاسبه می‌شود.

مصرف توان آلمان در سال ۱۹۹۹ [۱۷]

نام بخش مصرف	مصرف کل	ضریب توان	
		بدون اصلاح PF	اصلاح نسبی PF
آهن و فولاد	۲۳ میلیون مگاوات ساعت	۰/۶۰	۰/۹۰
شیمیایی	۴۸ میلیون مگاوات ساعت	۰/۸۰	۰/۹۰
دیگر صنایع	۱۶۰	۰/۷۰	۰/۹۰
حمل و نقل	۱۶	۰/۸۰	۰/۹۰
رفاه عمومی	۳۷	۰/۸۰	۰/۹۰
SCCهای تجاری	۲۳	۰/۸۰	۰/۹۰
کل SCCها	۳۰۷	۰/۷۳	۰/۹۰
کشاورزی	۸	۰/۷۰	۰/۹۰
خانگی	۱۲۹	۰/۹۰	۰/۹۰
TCهای تجاری	۴۲	۰/۸۰	۰/۹۰
کل TCها	۱۷۹	۰/۸۷	۰/۹۰
جمع کل	۴۸۶	۰/۷۸	۰/۹۰

تلفات داخلی سیستم‌های اصلاح ضریب توان و کابل‌های متصل‌کننده

تلفات داخلی سیستم‌های اصلاح ضریب توان و کابل‌های متصل‌کننده

سیستم اصلاح PF: ۱/۵ وات به ازای هر کیلو وار
کابل اتصالی به طول ۱۰ متر: ۰/۹ وات به ازای هر کیلو وار
سیستم اصلاح PF با کابل: ۲/۴ وات به ازای هر کیلو وار

در هنگام محاسبهٔ مقدار کاهش تلفات ناشی از سیستم‌های اصلاح ضریب توان، باید تلفات درونی این سیستم‌ها و کابل‌های اتصال‌دهنده را نیز به‌حساب آوریم. اعدادی که در اینجا آورده شده بر اساس سیستم‌های اصلاح ضریب بدون راکتورهای فیلترکننده است. گرچه راکتورها به تلفات اضافه می‌کنند، باعث بلوک‌شدن هارمونیک‌ها شده، مقدار بارگذاری شبکه را کاهش می‌دهند. برای اطلاعات بیشتر به مقالات فنی مربوط مراجعه کنید.

اصلاح ضریب توان و تلفات شبکه

حالت اول: بدون اصلاح ضریب توان. تلفات شبکه بدون اصلاح ضریب توان چقدر خواهد بود؟ (یعنی بدون سیستم‌هایی که اکنون در حال کار هستند.)
حالت دوم: اصلاح نسبی ضریب توان. در این حالت وضعیت فعلی شبکه با ضریب توان ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود.
حالت سوم: اصلاح کامل ضریب توان. تلفات شبکه در صورت استفادهٔ کامل از سیستم‌های اصلاح ضریب توان چقدر خواهد بود؟ (ضریب توان ۱/۰)

شبکه‌های شرکت برق	واحد	حالت اول: بدون اصلاح PF	حالت دوم: اصلاح نسبی PF	حالت سوم: اصلاح کلی PF
انرژی اکتیو	میلیون مگاوات ساعت	۴۵۸	۴۵۸	۴۵۸
ضریب توان	-	۰/۷۸	۰/۹	۱/۰۰
اصلاح PF	میلیون مگا وار	-۱۴۶	۰	۲۲۲
تلفات مسی شبکه	میلیون مگاوات ساعت	۳۲/۵	۲۴/۴	۱۹/۸
تلفات سیستم اصلاح PF	میلیون مگاوات ساعت	-۰/۳	۰/۰	۰/۵
مجموع تلفات فوق	میلیون مگاوات ساعت	۳۲/۱	۲۴/۴	۲۰/۳

مشترکین صنعتی	واحد	حالت اول: بدون اصلاح PF	حالت دوم: اصلاح نسبی PF	حالت سوم: اصلاح کلی PF
انرژی اکتیو	میلیون مگاوات ساعت	۳۰۷	۳۰۷	۳۰۷
ضریب توان	-	۰/۷۳	۰/۹	۱/۰۰
اصلاح PF	میلیون مگا وار	-۱۳۹	۰	۱۴۹
تلفات مسی شبکه	میلیون مگاوات ساعت	۴/۶	۳/۰	۲/۴
تلفات سیستم اصلاح PF	میلیون مگاوات ساعت	-۰/۳	۰/۰	۰/۴
مجموع تلفات فوق	میلیون مگاوات ساعت	۴/۲	۰/۰	۲/۸

کل شبکه	واحد	حالت اول: بدون اصلاح PF	حالت دوم: اصلاح نسبی PF	حالت سوم: اصلاح کلی PF
مجموع کل تلفات	میلیون مگاوات ساعت	۳۶/۴	۲۷/۴	۲۳/۱

مراجع

[1] United Nations Framework Convention on Climate Change, May 1992
[2] The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, December 1997
[3] European Community – Council – Environment: Press release 16 June 1998, Press 205 No. 09402/98 (Appendix 1)
[4] 1999 Report of the Federal Republic of Germany to the Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change: greenhouse gas inventory for the Federal Government for the years 1990 to 1998 (Section 1.3)
[5] Germany's National Climate Protection Programme, adopted on 18 October 2000 by German Federal Government (report by the "*CO_2 Reduction*" Interministerial Working Group, Section I)
[6] Germany's National Climate Protection Programme, adopted on 18 October by German Federal Government (Section 2, Objectives)
[7] BMU (German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety): Umwelt No. 11/2000
Special section on the National Climate Protection Programme
[8] Agreement between the Government of the Federal Republic of Germany and German industry on climate protection, November 2000
[9] VDEW (Germany Electricity Association): Distribution Code 2000 (Rules for access to distribution networks), October 2000 (Section 2.5)
[10] VDN (Association of German Network Operators – former DVG) GridCode 2000 Network And System Rules of the German Transmission System Operators, May 2000 (Section 8)
[11] VDEW (Germany Electricity Association): Strommarkt Deutschland 1999
(Umwelt- und Klimaschutz Section)
[12] European Commission: The Scope for Energy Saving in the EU (Section 11.2)
[13] Germany's National Climate Protection Programme, adopted on 18 October 2000 by the German Federal Government (report by the "*CO_2 Reduction*" Interministerial Working Group, Section IV.2 [2], Table 5)
[14] VDEW (Germany Electricity Association): Strommlarkt Deutschland 1999 (Strommarkt Section)
[15] European Commission: The Scope for Energy Saving in the EU (Section 11.1 Assessment of Energy Saving Potential)
[16] ABB Distribution Transformers
(Medium Distribution Transformers Section)
[17] VDEW (Germany Electricity Association): Strommarkt Deutschland 1999 (Kooperation beim Strom and Table 17)

وب‌سایت‌ها

German Electrical and Electronic Manufacturers' Association:
www.zvei.org

ZVEI Power Capacitor Product Division:
www.zvei.org/kondensatoren

Germany Electricity Association:
www.strom.de

Former Association of the German Transmission System Operators – DVG:
www.vdn-berlin.de

Conservation and Nuclear Safety (BMU):
www.bmu.de

German Federal Ministry of Economics and Labour:
www.bmwi.de

European Climate Change Program:
http://Europa.eu.int/comm/environment/climat/eccp.htm

United Nations Framework Convention:
www.unfccc.com