بسم الله الرحمن الرحيم

گروه برق و کامپیوتر

جایابی بهینه خازن در شبکه‌های توزیع به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از الگوریتم PSO

استاد راهنما:

دکتر خلیل ولی‌پور

اساتید مشاور:

مهندس حسین قدیمی

مهندس مهدی ابتهاج

توسط:

هادی آفاق‌زاده

دانشگاه محقق اردبیلی

تابستان ۹۰

سپاس خداوند یکتا و آفریدگار توانا که همه خوبی ها از اوست و بزرگی سزاوار او.

تقدیم به :

مظهر صبر و از خودگذشتگی مادرم و پدر مهربانم به پاس یک عمر زحمت بی دریغ شان.

تقدیم به :

تمام کسانی که در مسیر پر فراز و نشیب زندگیم نقش هدایت‌گری را بر عهده داشتند و در سختیها یاورم بودند.

تقدیر وسپاس فراوان از :

استاد بزرگوار و ارجمند جناب آقای دکتر خلیل ولی‌پور به پاس قدردانی از زحمات فراوان و رهنمودهای ارزشمندشان که راه گشایم در این مسیر بود.

تقدیر و سپاسگزاری از :

اساتید بزرگوار و ارجمند آقایان مهندس حسین قدیمی و مهندس مهدی ابتهاج که زحمت مشاوره این طرح را بر عهده داشته‌اند و از راهنمایی شان در این مسیر بهره جسته‌ام.

تقدیر و تشکر ویژه از :

از زحمات صادقانه و همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس مهدی فیاضی کارشناس ارشد واحد طراحی شرکت توزیع نیروی برق استان اردبیل که همچون برادری دلسوز یاریم نمودند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

تقدیر و سپاس فراوان از :

اساتید محترم و اعضای هیئت علمی دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی که افتخار شاگردیشان را در طی دوران تحصیلم داشته‌ام و از مدیر گروه و کلیه کارکنان محترم گروه مهندسی برق و از مسئولان آموزش نهایت تشکر را دارم.

چکیده:

از آنجایی‌که شبکه‌های توزیع، سهم بزرگی از تلفات در سیستم‌های قدرت را شامل می‌شوند، کاهش تلفات در این شبکه‌ها یکی از مسایل اساسی در کاهش هزینه‌های شبکه‌ی سراسری است. یکی از روش‌های اساسی در کاهش تلفات شبکه‌های توزیع، استفاده بهینه از خازن‌ها می‌باشد تا علاوه بر کاهش تلفات، پروفیل ولتاژ شبکه نیز بهبود یابد. در این پژوهش مساله خازن‌گذاری در شبکه‌های توزیع شعاعی مورد بررسی قرار گرفته است که لازمه آن مدلسازی دقیق پارامترهای شبکه از قبیل مدل بار، مدل کردن خازن و همچنین مدل شبکه می‌باشد. قیود مختلف در مساله خازن‌گذاری بررسی شده و توابع هدف مختلفی که در مقالات استفاده شده است مورد بررسی قرار گرفته است. پدیده هارمونیک به عنوان یک عامل موثر در پدیده خازن‌گذاری بیان شده است، اعوجاج هارمونیکی منابع ولتاژ موجود در شبکه سبب تزریق جریان هارمونیکی مضاعف، افزایش تلفات و بروز پدیده تشدید می‌شود که به همین منظور در بیان مساله، اعوجاج هارمونیکی منابع ولتاژ در نظر گرفته شده است. در این پژوهش حل مساله جایابی بهینه خازن در شبکه‌های توزیع شعاعی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی دودویی ازدحام ذرات (BPSO) صورت گرفته است. مزیت روش BPSO نسبت به دیگر روش‌ها، در نظر گرفتن طبیعت گسسته مساله جایابی است. که در اکثر روش‌ها مساله به صورت پیوسته در نظر گرفته شده است که این امر سبب کاهش دقت نتایج در تعیین اندازه، محل دقیق نصب خازن‌ها و عدم همگرایی مساله می‌شود. در نهایت در این پژوهش که هدف آن خازن‌گذاری در بخشی از شبکه توزیع شهرستان مشکین شهر است. ابتدا خازن‌گذاری برروی دو شبکه استاندارد ۲۸ و ۶۹ باسه IEEE در سطوح مختلف بار در طول شبانه روز، با هدف کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و با در نظر گرفتن تاثیر اعوجاج هارمونیکی منابع ولتاژ برروی شبکه انجام یافته و سپس با شناسایی و جمع‌آوری داده‌های شبکه توزیع شهرستان مشکین شهر شبیه‌سازی برروی این شبکه نیز انجام یافته است. که نتایج حاصل موید کارآمدی الگوریتم پیشنهادی است.

کلمات کلیدی: اعوجاج هارمونیکی منابع ولتاژ، الگوریتم دودویی ازدحام ذرات(BPSO)، بهبود پروفیل ولتاژ، جایابی بهینه خازن و کاهش تلفات

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- خازن‌گذاری در خطوط توزیع ۲

۱-۲-۱- روش‌های سنتی در تعیین اندازه و جایابی خازن‌ها ۳

۱-۲-۲- کلید زنی خازن‌ها ۳

۱-۲-۳- تاثیر هارمونیک در خازن‌گذاری ۴

۱-۳- اهداف استفاده از خازن‌های موازی ۴

۱-۳-۱- کنترل توان راکتیو ۵

۱-۳-۲- کنترل ولتاژ ۵

۱-۳-۳- افزایش ظرفیت سیستم ۶

۱-۳-۴- کاهش تلفات توان سیستم ۷

۱-۳-۵- کاهش هزینه‌های پرداختی ۸

فصل دوم: مروری بر روش‌های خازن‌گذاری

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- روش‌های حل تحلیلی در خازن‌گذاری ۸

۲-۲-۱- مروری بر روش‌های تحلیلی ارایه شده ۱۰

۲-۲-۲- شرح روش حل تحلیلی ۱۲

۲-۳- روش‌های محاسباتی در خازن‌گذاری ۱۴

۲-۳-۱- روش تغییرات محلی ۱۵

۲-۳-۲- روش برنامه ریزی عدد صحیح ترکیبی ۱۵

۲-۳-۳- روش برنامه ریزی مرتبه دوم ۱۶

۲-۳-۴- روش جستجوی گرادیان ۱۷
۲-۳-۵- روش برنامه ریزی دینامیکی ۱۷
۲-۳-۶- روش انتخاب ماکزیمم حساسیت ۱۸
۲-۳-۷- روش‌های هایبرید ۱۸
۲-۴- روش‌های ابتکاری در خازن‌گذاری ۱۹
۲-۵- روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ۲۰
۲-۵-۱- الگوریتم ژنتیک ۲۰
۲-۵-۲- سیستم‌های خبره ۲۵
۲-۵-۳- شبیه‌سازی سرد شدن فلزات مذاب ۲۶
۲-۵-۴- شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲۶
۲-۵-۵- نظریه مجموعه فازی ۲۷
۲-۵-۶- استفاده از الگوریتم‌های جدید و مرکب ۲۹
۲-۵-۷- روش آنالیز حساسیت ۳۱
۲-۶- ارزیابی روش‌های موجود در خازن‌گذاری ۳۲
۲-۶-۱- حل مساله خازن‌گذاری ۳۲
۲-۶-۲- پیچیدگی مساله ۳۳
۲-۶-۳- دقت نتایج ۳۳
۲-۶-۴- عملیاتی بودن ۳۳

فصل سوم: الگوریتم پخش‌بار در شبکه‌های نامتعادل و آلوده به هارمونیک

۳-۱- مقدمه ۳۲
۳-۲- مدل اجزای سیستم با در نظر گرفتن شبکه نامتعادل و تاثیر هارمونیک ۳۲
۳-۲-۱- مدل سیستم در فرکانس اصلی ۳۸
۳-۲-۲- مدل سیستم در فرکانس‌های هارمونیکی ۳۹

۳-۳- محاسبه جریان‌ها و ولتاژهای هارمونیکی ۴۰

فصل چهارم: الگوریتم PSO و استفاده از آن در جایابی بهینه خازن

۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- مروری بر الگوریتم PSO ۴۳
۴-۳- مراحل اجرای الگوریتم PSO ۴۵
۴-۴- بیان مساله خازن‌گذاری ۴۸
۴-۴-۱- مدل نمودن شبکه در حضور هارمونیک ۴۸
۴-۴-۲- تابع هدف پیشنهادی ۴۹
۴-۵- قیود مساله ۵۰
۴-۵-۱- قیود پخش بار ۵۰
۴-۵-۲- قیود مقدار موثر ولتاژ در هر باس ۵۱
۴-۵-۳- قید حداکثر THD ۵۱
۴-۶- کاربرد الگوریتم PSO در حل مساله ۵۲

فصل پنجم: نتایج شبیه‌سازی

۵-۱- مقدمه ۵۰
۵-۲- نتایج شبیه‌سازی شبکه ۲۸ باسه استاندارد IEEE ۵۴
۵-۲-۱- نتایج شبیه‌سازی در حالت کم‌باری ۵۵
۵-۲-۲- نتایج شبیه‌سازی در بار نامی ۵۷
۵-۲-۳- نتایج شبیه‌سازی در اوج بار ۵۹
۵-۳- نتایج شبیه‌سازی شبکه ۶۹ باسه استاندارد IEEE ۶۱
۵-۳-۱- نتایج شبیه‌سازی در حالت کم‌باری ۶۱
۵-۳-۲- نتایج شبیه‌سازی در بار نامی ۶۵
۵-۳-۳- نتایج شبیه‌سازی در اوج بار ۶۷
۵-۴- نتایج شبیه‌سازی شبکه توزیع شهرستان مشکین شهر ۷۰

۵-۴-۱- معرفی شبکه توزیع مشکین شهر ۷۰
۵-۴-۲- نتایج شبیه‌سازی در حالت کم‌باری ۷۴
۵-۴-۳- نتایج شبیه‌سازی در بار نامی ۷۶
۵-۴-۴- نتایج شبیه‌سازی در اوج بار ۷۸

فصل ششم: نتیجه‌گیری

۶-۱- نتیجه‌گیری ۷۵
۶-۲- پیشنهادات ۸۲
پیوست (الف): پخش بار با استفاده از روش جاروب پسرو – پیشرو ۸۴
الف-۱) عددگذاری شاخه‌ها ۸۴
الف-۲) روش حل ۸۴
الف-۳) معیار همگرایی ۸۵
پیوست (ب): مشخصات شبکه‌های مورد استفاده در پایان‌نامه ۸۷
ب-۱) داده‌های شبکه توزیع شعاعی استاندارد ۲۸ باسه IEEE ۸۷
ب-۲) داده‌های شبکه توزیع شعاعی استاندارد ۶۹ باسه IEEE ۸۸
ب-۳) داده‌های شبکه توزیع شعاعی مشکین شهر ۹۰
پیوست (ج): مقاله استخراج شده از پایان‌نامه ۹۱
منابع و مآخذ ۹۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ منحنی نحوه بکار گیری خازن‌های ثابت و سوئیچینگ ۲

شکل ۱-۲ تاثیر افزودن خازن‌های موازی ۵

شکل ۱-۳ ضریب توان اقتصادی سیستم ۷

شکل ۲-۱ یک خط با بار راکتیو متغییر با زمان ۱۲

شکل ۲-۲ دیاگرام نرمالیزه شده صرفه اقتصادی بر حسب ظرفیت خازن نصب شده ۱۴

شکل ۲-۳ روند نمای الگوریتم ژنتیک وفقی ۲۴

شکل ۲-۴ منحنی تقریب تغییرات بار ۲۴

شکل ۲-۵ ساختار شبکه عصبی مصنوعی ۲۷

شکل ۲-۶ اعداد ذوزنقه‌ای فازی ۲۸

شکل ۲-۷ مفهوم Pareto، Dominate وNon-Dominate ۳۰

شکل ۲-۸ ساختار یک خط متصل بین باس‌های p و q ۳۱

شکل ۳-۱ (a) دیاگرام تک خطی سیستم توزیع شعاعی، (b) منحنی پیش بینی سطح بار ۳۶

شکل ۳-۲ مدار معادل سیستم در هارمونیک مرتبه n ام (a) با سهم بارهای خطی و (b) بدون سهم بارهای خطی ۴۰

شکل ۴-۱ به روز شدن سرعت و موقعیت یک ذره ۴۵

شکل ۴-۲ روند نمای الگوریتم PSO ۴۷

شکل ۴-۳ دیاگرام تک خطی یک فیدر در شبکه توزیع ۴۸

شکل ۴-۴ روند نمای حل مساله با استفاده از الگوریتم PSO ۵۲

شکل ۵-۱ شبکه توزیع شعاعی استاندارد ۲۸ باسه IEEE ۵۴

شکل ۵-۲ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت کم‌باری ۵۶

شکل ۵-۳ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۲۸ باسه در حالت کم‌باری ۵۶

شکل ۵-۴ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت بارنامی ۵۸
شکل ۵-۵ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۲۸ باسه در حالت بارنامی ۵۸
شکل ۵-۶ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت اوج بار ۶۰
شکل ۵-۷ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۲۸ باسه در حالت اوج بار ۶۰
شکل ۵-۸ شبکه توزیع شعاعی استاندارد ۶۹ باسه IEEE ۶۲
شکل ۵-۹ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت کم‌باری ۶۴
شکل ۵-۱۰ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۶۹ باسه در حالت کم‌باری ۶۴
شکل ۵-۱۱ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت بارنامی ۶۶
شکل ۵-۱۲ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۶۹ باسه در حالت بارنامی ۶۷
شکل ۵-۱۳ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت اوج بار ۶۹
شکل ۵-۱۴ پروفیل ولتاژ شبکه استاندارد ۶۹ باسه در حالت اوج بار ۶۹
شکل ۵-۱۵ نقشه جغرافیایی استان اردبیل ۷۰
شکل ۵-۱۶ شبکه توزیع شعاعی شهرستان مشکین شهر ۷۲
شکل ۵-۱۷ بار مصرفی ماهانه شهرستان مشکین شهر ۷۲
شکل ۵-۱۸ بار مصرفی روزانه شهرستان مشکین شهر ۷۳
شکل ۵-۱۹ پروفیل بار شهرستان مشکین شهر ۷۳
شکل ۵-۲۰ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت کم‌باری ۷۵
شکل ۵-۲۱ پروفیل ولتاژ شبکه توزیع مشکین شهر در حالت کم‌باری ۷۵
شکل ۵-۲۲ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت بارنامی ۷۷
شکل ۵-۲۳ پروفیل ولتاژ شبکه توزیع مشکین شهر در حالت بارنامی ۷۷
شکل ۵-۲۴ نمودار همگرایی تابع هدف در حالت اوج بار ۷۹
شکل ۵-۲۵ پروفیل ولتاژ شبکه توزیع مشکین شهر در حالت اوج بار ۷۹

شکل الف-۱ شماره‌گذاری ساختار درختی ۸۴

شکل الف-۲ لایه‌های ساختار درختی ۸۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱ خلاصه مزایای بکارگیری خازن‌های موازی ۵

جدول ۲-۱ ماتریس تعیین مکان‌های بهینه خازن..... ۳۰

جدول ۴-۱ هزینه خازن‌گذاری به صورت گسسته در شبکه ۵۰

جدول ۴-۲ اندازه α برای مرتبه‌های هارمونیکی مختلف..... ۵۱

جدول ۵-۱ شرایط بارگذاری برروی شبکه توزیع ارایه شده ۵۴

جدول ۵-۲ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۵۵

جدول ۵-۳ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت کم‌باری ۵۵

جدول ۵-۴ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۵۶

جدول ۵-۵ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۵۷

جدول ۵-۶ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت بار نامی ۵۷

جدول ۵-۷ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۵۸

جدول ۵-۸ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت اوج بار ۵۹

جدول ۵-۹ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت اوج بار ۵۹

جدول ۵-۱۰ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت اوج بار..... ۶۰

جدول ۵-۱۱ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۶۱

جدول ۵-۱۲ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت کم‌باری ۶۳

جدول ۵-۱۳ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۶۳

جدول ۵-۱۴ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۶۵

جدول ۵-۱۵ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت بار نامی ۶۵

جدول ۵-۱۶ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۶۶

جدول ۵-۱۷ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت اوج بار ۶۷

جدول ۵-۱۸ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت اوج بار ۶۸

جدول ۵-۱۹ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت اوج بار..... ۶۸

جدول ۵-۲۰ مشخصات کلی شبکه توزیع مشکین شهر ۷۱

جدول ۵-۲۱ مشخصات پستهای زمینی شبکه توزیع مشکین شهر ۷۱
جدول ۵-۲۲ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۷۴
جدول ۵-۲۳ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت کم‌باری ۷۴
جدول ۵-۲۴ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت کم‌باری ۷۵
جدول ۵-۲۵ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۷۶
جدول ۵-۲۶ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت بار نامی ۷۶
جدول ۵-۲۷ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت بارنامی ۷۷
جدول ۵-۲۸ مشخصات شبکه پیش از خازن‌گذاری در حالت اوج بار ۷۸
جدول ۵-۲۹ محل و مقادیر بهینه خازن‌ها در حالت اوج بار ۷۸
جدول ۵-۳۰ مشخصات شبکه پس از خازن‌گذاری در حالت اوج بار ۷۹

فهرست علائم اختصاری

تولید پراکنده و ذخیره سازی	Dispersed Generation and Storage(DGS)
برنامه نویسی دینامیکی	Dynamic Programming (DP)
سیستم‌های شامل پایگاه معرفت	Knowledge-Based System(KBS)
تغییرات محلی	Local Variation (LV)
برنامه ریزی مرتبه دوم عدد صحیح	Master Problem (MP)
انتخاب ماکزیمم حساسیت	Maximum Sensitivities Selection (MSS)
تابع عضویت	Membership Function
غیرمحدب	NonConvex
الگوریتم ژنتیک بدون ارجحیت	Nondominated sorting genetic algorithm
مساله اصلی	Slave Problem (SP)
حالت ثابت	Solid-state
حداکثر انحراف هارمونیکی	Total Harmonic Distortion (THD)

فصل اول

مقدمه

۱- ۱- مقدمه

مطالعات نشان داده است که بیش از ۷۰٪ کل تلفات سیستم‌های قدرت مربوط به شبکه‌های توزیع می‌باشد که این میزان بیش از ۱۳٪ کل توان تولیدی است [۵۳]. این تلفات الکتریکی را می‌توان با نصب و کنترل ادوات جبران‌ساز توان راکتیو کاهش داد. استفاده از خازن‌های موازی به منظور جبران توان راکتیو به شکل گسترده‌ای در شبکه‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد که از مزایای آن می‌توان به تنظیم ولتاژ، کاهش تلفات، اصلاح ضریب توان و آزاد سازی ظرفیت سیستم اشاره کرد. به منظور تعیین محل، تعداد، اندازه، نوع و طرح کنترلی بانک‌های خازنی در یک دوره یک تا ده ساله، با یک مساله بهینه سازی پیچیده با اهداف متضادی همانند حداقل کردن هزینه خرید و نصب بانک‌های خازنی و کاهش تلفات الکتریکی سر و کار داریم.

از دهه ۶۰ میلادی تاکنون، روش‌های متعددی در این زمینه ارایه شده است. این روش‌ها را می‌توان به چهارگروه تقسیم بندی کرد :تحلیلی، برنامه ریزی عددی، روش‌های ابتکاری و استفاده از روشهای هوش مصنوعی [۷۱].

اکثر مقالات ارایه شده در این زمینه تعدادی از جنبه‌های مهمی که در زیر بیان می‌شود در نظر نگرفته‌اند:

۱- در نظر گرفتن بانکهای خازنی به صورت گسسته با قیمتهای واقعی و مقادیر موجود در بازار.

۲- در نظر گرفتن بار و شبکه به صورت نامتعادل.

۳- حضور جریانها و ولتاژهای هارمونیکی بدلیل استفاده گسترده از بارهای هارمونیک‌زا و دستگاههای الکترونیک قدرت.

۴- عکس‌العمل و تزویج بین ولتاژهای هارمونیکی و جریانهای ایجاد شده توسط بارهای غیر خطی.

۵- افزایش جریانهای هارمونیکی بدلیل ایجاد تشدید.

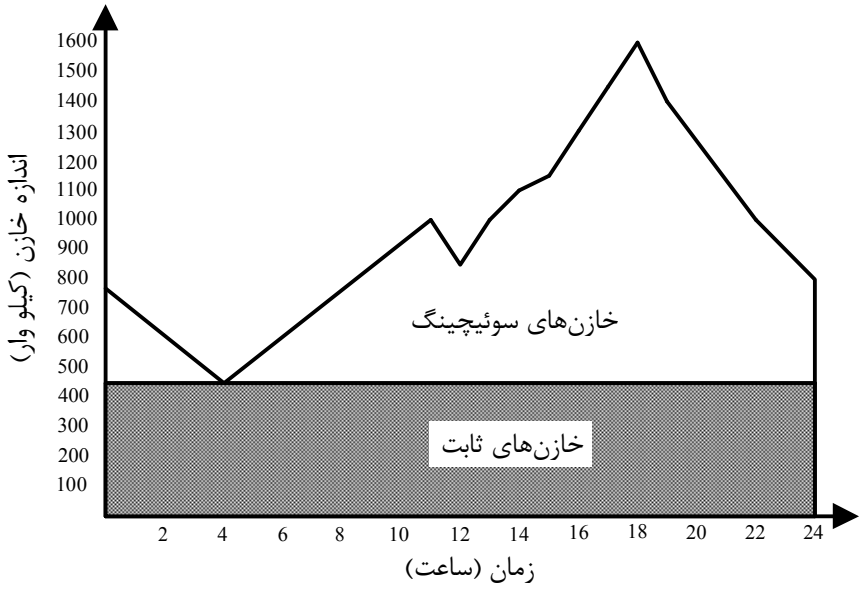
۶- در نظر گرفتن قیود کیفیت توان IEEE.

۱-۲- خازن گذاری در خطوط توزیع

خازن‌هایی که در شبکه‌های توزیع استفاده می‌شوند معمولا در خطوط توزیع و یا پست‌های فشار قوی نصب می‌شوند. اغلب بانکهای توزیع شامل تعدادی واحد خازنی با اتصال سه فاز ستاره زمین شده، ستاره زمین نشده و یا اتصال مثلث می‌باشند [۵۳]. ازآنجایی که این خازن‌ها نزدیک به بار می‌باشند، مادامی که تلفات سیستم حداقل می‌باشد، خازن‌های نصب شده روی خطوط توزیع، توانایی مؤثری برای تأمین تقاضای توان راکتیو نشان می‌دهند. بانک‌های خازنی در خطوط توزیع، شامل خازن‌های ثابت و یا سوئیچینگ می‌باشند. به طور کلی، تعیین نوع بانک مورد نیاز با توجه به موارد زیر صورت می‌گیرد :

۱- بانک‌های خازنی ثابت برای شرایط بارکم و یا متوسط بکار گرفته می‌شوند.

۲- بانک‌های خازنی سوئیچینگ برای سطوح بار بالای شرایط حداقل تا حد اوج‌بار طراحی شده است.



شکل(۱-۱) : منحنی نحوه بکار گیری خازن‌های ثابت و سوئیچینگ[۵۳]

نمودار نشان داده شده در شکل (۱-۱) که می‌تواند توسط ثبت کیلووارمتر یا محاسبه با استفاده از اندازه‌گیری کیلووات و ضریب توان تعیین شود، یک نمونه تقاضای کیلووار برای یک دوره ۲۴ ساعته را نشان می‌دهد. بانک‌های خازنی ثابت، نیازهای بارمبنا را فراهم می‌کند و بانک‌های سوئیچینگ، اوج کیلووار سلفی در طی دوره بار سنگین را جبران می‌کند [۵۳].

۱-۲-۱- روش‌های‌سنتی در تعیین اندازه و جایابی خازن‌ها

برای بدست آوردن مزایای بهینه کاربردهای خازن موازی در خطوط توزیع، بانک‌های خازنی باید در جایی نصب شوند که حداکثر کاهش تلفات در شبکه را داشته باشند. به علاوه بایستی پروفیل ولتاژ مناسبی را ایجاد کرده وتا حد امکان در نزدیکی مراکز بار باشند. به این منظور برخی از قواعد اصلی برای جایابی خازن‌ها استفاده می‌شوند؛ که عبارتند از:

۱) برای بارهای توزیع شده یکنواخت، خازن باید در فاصله دو سوم از پست قرار داده شود.

۲) برای بارهایی که بطور یکنواخت کاهش می‌یابند، خازن در نصف فاصله از پست نصب شود.

۳) برای افزایش حداکثر ولتاژ، خازن بایستی در نزدیکی نقطه انتهایی خط نصب شود.

به ویژه بانک‌های خازنی در نقاطی با ضریب توان و یا ولتاژ پایین نصب می‌شوند. این اطلاعات را می‌توان به صورت زیر بدست آورد:

۱) با اندازه گیری ولتاژ تحت شرایط بار کامل و بار سبک در نقاط مختلف خط.

۲) با اندازه گیری کیلووات و کیلو ولت آمپر خط تحت شرایط ماکزیمم و مینیمم بارگذاری بارهای روزانه و طی یک دوره ۲۴ ساعته [۵۳].

۱-۲-۲- کلید زنی خازن‌ها

خازن های سوئیچ شونده، انعطاف پذیری سیستم را جهت کنترل ولتاژ، ضریب توان وتلفات سیستم، بالا می‌برند. این خازن‌ها معمولا از چند نوع کنترل کلید زنی اتوماتیک استفاده می‌کنند. کنترل‌کننده‌های اتوماتیک خازن‌های سوئیچینگ شامل موارد زیر هستند:

۱) ولتاژ: هنگامی که بهبود و یا کنترل تنظیم ولتاژ بسیار مورد توجه باشد.

۲) جریان: هنگامی که اندازه جریان مستقیما مرتبط با تقاضای توان راکتیو بار گردد.

۳) کنترل توان راکتیو: هنگامی که تقاضای توان راکتیو بسیار مورد توجه باشد.

۴) زمان کلید زنی: تقاضای توان راکتیو وابستگی بالایی به زمان دارند.

۵) دما: پیش بینی افزایش توان راکتیو با تغییر دما.

بانک‌های خازنی پیوسته معمولا در شرایط بار پایه استفاده می‌شوند. در مناطق با تغییر فصلی و مشخص بار، این بانک-های خازنی به طور دستی قطع و وصل می‌شوند.

۱-۲-۳- تاثیر هارمونیک در خازن‌گذاری

مساله آلودگی هارمونیکی شبکه ممکن است سبب ترکیدن فیوزها، خرابی واحدهای خازنی، آسیب ترانسفورماتورها و عملکرد اشتباه رله‌ها شود. تجهیزات بکار گیرنده قوس الکتریکی (کوره‌های قوس الکتریکی، دستگاه‌های جوش قوس الکتریکی)، مبدل های الکترونیکی و الکترونیک قدرت که دارای ادوات نیمه‌هادی می‌باشند منابع عمده هارمونیکی موجود در شبکه به حساب می‌آیند. با افزایش تولید پراکنده و ذخیره سازی[1] در سیستمهای توزیع، و نیز استفاده گسترده از مبدل‌های الکترونیک قدرت برای دیگر مصارف، بایستی مساله آلودگی هارمونیکی بررسی و تحلیل گردد.

استاندارد IEEE Std 19-1992 محدوده اعوجاج هارمونیکی ولتاژ را برای تمامی سیستم‌های قدرت تا سطح ولتاژ ۶۹ کیلوولت برابر ۵٪، معرفی می‌کند [۵۳].

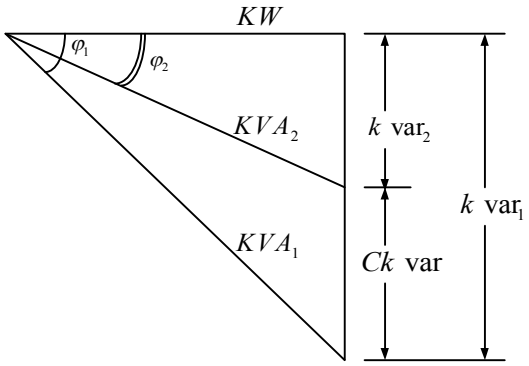
کاربرد خازن‌های موازی برای بهبود بازده عملکرد سیستم، می‌تواند تاثیر قابل توجهی روی سطوح هارمونیکی شبکه داشته باشد. خازن‌ها مولد هارمونیک نیستند، اما مسیر شبکه را برای شرایط تشدید کلی یا موضعی فراهم می‌کنند. اگرچه خازن‌ها مولد هامونیک نیستند، اما می‌توانند بر دامنه ولتاژها و جریان‌های هارمونیکی (که بر روی سیستم‌های کاربردی ونیز بارهای مشترکین واقع می‌شوند) تاثیر داشته باشند. تغییر اندازه و یا موقعیت بانک‌های خازنی، اضافه کردن یک راکتور به بانک خازنی موجود، می‌تواند راه حل مناسبی جهت کاهش سطح هارمونیکی شبکه در اثر خازن گذاری نادرست باشد.

۱-۳- اهداف استفاده از خازن‌های موازی

بیشتر بارهای سیستم‌های قدرت، انتقال و توزیع دارای راکتانس سلفی و ضریب توان پس فاز می‌باشند. زمانی که بار سلفی وجود داشته باشد، سیستم قدرت نیاز به جریان راکتیو اضافی دارد، که سبب کاهش ظرفیت سیستم، افزایش تلفات سیستم و کاهش ولتاژ سیستم می‌گردد.

شکل (۱-۲) کاربرد خازن‌های موازی با هدف کاهش جریان راکتیو عبوری از شبکه، افزایش ظرفیت سیستم و کاهش تلفات سیستم را نشان می‌دهد؛ که در آن بار راکتیو سیستم با افزایش کیلووار خازنی، از $kvar_1$ به $kvar_2$ به میزان Ck var کاهش یافته است [۵۳].

[1] Dispersed Generation and Storage(DGS)



شکل(۱-۲) :تاثیر افزودن خازن‌های موازی[۵۳]

در جدول (۱-۱) خلاصه‌ای از مزایای ناشی از خازن‌های موازی را برای سیستم‌های توزیع و انتقال آورده شده که هریک از این مزایا با جزئیات بیشتر توضیح داده شده است [۵۳].

جدول (۱-۱) : خلاصه مزایای بکارگیری خازن‌های موازی

مزیت	سیستم انتقال	سیستم توزیع
کنترل توان راکتیو	×	+
کنترل ولتاژ	×	×
افزایش ظرفیت سیستم	+	×
کاهش تلفات سیستم	+	×
کاهش هزینه های پرداختی	+	×

× مزیت اصلی + مزیت ثانویه

۱-۳-۱- کنترل توان راکتیو

کنترل توان راکتیو، بسیاری از مزایای متفاوت خازن‌های موازی را در بردارد که شامل بهبود سطح ولتاژ، اصلاح ضریب توان، کاهش تلفات سیستم و افزایش محدوده پایداری حالت ماندگار می‌باشد.

۱-۳-۲- کنترل ولتاژ

بکارگیری خازن در یک سیستم، سبب افزایش ولتاژ سیستم در محل نصب خواهد شد. این مساله در یک سیستم با ضریب توان پس فاز رخ می‌دهد؛ زیرا خازن ممکن است میزان جریان منتقل شده به سیستم را کاهش دهد. بنابراین میزان افت ولتاژ در سیستم کاهش می‌یابد.