

مدل سازی ذخیره انرژی برای برنامه ریزی توزیع

چکیده:

ذخیره انرژی به عنوان روشی برای حل بسیاری از مسائل در خصوص شبکه برق الکترونیک به ویژه مسائل مرتبط با تولید تجدید پذیر نظیر تولید انرژی بادی و خورشیدی پیشنهاد می شود. برخی از قوانین استانی و ایالتی امریکا، نصب بسیاری از مخازن را برای پشتیبانی از نیازهای پیش بینی شده شبکه های توان لازم کرده است. بیشتر این ذخیره جدید انتظار می رود که متصل به فیدرهای توزیع باشد.

برنامه ریزان توزیع فاقد ابزارها و روش هایی برای ارزیابی اثر ذخیره بر روی ظرفیت سیستم توزیع، اطمینان پذیری و کیفیت توان می باشند. طراحان معمولاً از محاسبات جریان توان استاتیک استفاده می کنند با این حال تحلیل دقیق ذخیره نیازمند شبیه سازی زمان متوالی است. این مقاله به توصیف مدل سازی ذخیره برای انواع شبیه سازی ها بر روی سیستم های توزیع برای قالب های مختلف می پردازد. اثر اصلی بر روی تنظیم ظرفیت و ولتاژ را می توان در شبیه سازی های با فاصله 15 دقیقه تا 1 ساعت اندازه گیری کرد. ارزیابی یکنواختی تغییرات تولید تجدید پذیر نیازمند شبیه سازی های با اندازه 1 دقیقه یا کم تر است. ارزیابی این ابزارها به صورت کنترل فرکانسی میکرو گریدها و عملکرد در طی اشفنگی های موقت نیازمند تحلیل پویا در فاصله هایی از ثانیه تا میکرو ثانیه است. این مقاله به بررسی خلاصه ای از تحقیقات EPRI در مدل سازی ذخیره انرژی برای مطالعات طراحی می پردازد.

کلمات کلیدی: تحلیل سیستم توزیع، برنامه ریزی توزیع توان، تولید و ذخیره پراکنده، تولید توان خورشیدی، تولید توان بادی

1- مقدمه

دستگاه های ذخیره سازی انرژی به عنوان راه حلی برای بسیاری از مسائل عملیاتی و اطمینان پذیری مختلف در سیستم های توان به دلیل تعداد زیاد منابع توان غیر قطعی نظیر برق و باد پیشنهاد شده اند. برخی از مناطق نظیر ایالت کالیفرنیا و انتاریوی کانادا سرعت عمل زیادی در افزودن ذخایر به شبکه ها برای مقابله با مشکلات

پیش بینی شده در منابع برق داشته اند. مقدار خاصی از این ذخیره بدون شک بر روی سیستم های توزیعی نصب می شود.

طوفان های اخیر در امریکا از جمله طوفان دیرکو (باد های خط مستقیم) و طوفان استورم سندی در ژوئن و اکتبر 2012، توجه زیادی را در بحث ارتجاع شبکه به خود جلب کرده است. بسیاری از مشتریان به مدت چندین روز و حتی هفته بدون برق بوده اند. این مسئله موجب شد تا میکرو گرید هایی ساخته شوند به طوری که بخش هایی از سیستم توزیعی را می توان در جزایر پیاده سازی کرد تا زمانی که خطوط برق آسیب دیده توسط طوفان ها می تواند برای استقرار مجدد اتصالات شبکه لازم باشد. ذخیره انرژی یک بخش کلیدی از این تلاش های موفق است.

گرچه طیف وسیعی از مخازن ذخیره ای بر روی سیستم توزیع نصب م شوندف با این حال بیشتر آن ها توسط یک اپراتور شبکه منطقه ای برای شبکه انتقالی کنترل شود. سیستم توزیع می تواند یک میزبانی برای ذخیره باشد. در صورتی که فرکانس شبکه، به دلیل کاهش تولید انرژی بادی کاهش یابد. در صوتی که فرکانس بالاتر از مقدار اسمی افزایش یابد عناصر فرکانس به حالت شارژ سویچ کرده و توان را تا ماکزیمم ظرفیت حداکثر برای کند سازی فرکانس افزایش می دهد. این موجب ایجاد یک زمان برای منابع سنتی تر برای توزعی و رفع نیاز های باری می دهد.

ذخیره به معنی ذخیره انرژی بر حسب کیلو وات بر ساعت یا مگاوات بر ساعت می باشد در حالی که بسیاری از مطالعات برنامه ریزی توزیع بر روی ظرفیت ارایه توان متمرکز بوده و به صورت کیلو وات یا مکا وات اندازه گیری می شود. انرژی، انتگرال زمانی توان است از این روی مدل سازی ذخیره معمولا موجب افزایش بعد زمان به مسئله برنامه ریزی می شود که هم مفید و هم در عین حال چالش بر انگیز است. یکی از نتایج این است که راه حل های جریان توان استاتیک دیگر اطلاعات کافی را در مورد بسیاری از مسائل برنامه ریزی پیش روی طراح ارایه نمی کند. برنامه ریزان بایستی قادر به شبیه سازی سیستم در زمان های منطقی برای دست یابی به پاسخ صحیح باشند به خصوص زمانی که منابع متغیر زمانی نظیر PV خورشیدی یا بادی باشد.

2- کاربرد های مخازن ذخیره انرژی در سیستم های توزیع

- برخی از کاربرد های پیشنهادی برای مخازن نصب شده در سطح توزیع اولیه یا ثانویه شامل موارد زیر است
- جبران یا یکنواخت سازی میرایی خروجی توان خورشیدی
- توسعه خروجی توان از PV خورشیدی برای رفع تقاضای پیک اولیه. در سیستم های توزیع، بار پیک بعد از غروب خورشید رخ می دهد.
- پشتیبانی از شبکه انتقال: جبران افت توان خورشیدی در پایان روز برای کاهش نیاز به رمپینگ سریع منابع سنتی و تثبیت شبکه ها در دوره های با تغییرات زیاد منابع تجدید پذیر
- توسعه ظرفیت زیر ایستگاه های توزیع موجود یا فیدر
- پشتیبانی از تغذیه متناوب برای باز پیکر بندی موفق
- کنترل فراوانی یک میکرو گرید
- افزایش جریان مدار کوتاه از یک ریز شبکه به طوری که قادر به اجرای سیستم توزیع عملیاتی و دستگاه های حفاظت مشتری
- کاهش هزینه برق برای یک خریدار برق در زمان ارزان بودن انرژی و تخلیه برای عرضه بار در طی دوره های با تقاضای پیک بالا

3- مسائل برنامه ریزی توزیع معرفی شده توسط ذخیره انرژی

- نصب دستگاه های ذخیره سازی انرژی بر روی سیستم توزیع توان مسائل مختلف در نظر گرفته شده توسط برنامه ریزان را در نظر گرفته است. این مسائل به شرح زیر هستند.
- ولتاژ بیش از حد در زمان تخلیه. اثر بستگی به محل و ظرفیت دستگاه های ذخیره ای داشته و مشابه با اثری است که برای تحلیل ظرفیت هاستینگ می باشد که مرتبط با سیستم های PV خورشیدی مبتنی بر مبدل است این می تواند یک مسئله ویژه باشد به خصوص این که حافظه برای اهدافی به غیر از مزیت فیدر محلی منتشر می شود. انتشار ذخایر معمولاً در شب و یا زمان بار گذاری سبک رخ می دهد.
- ولتاژ پایین ضمن شارژ: برای رسیدن به هدف 100 مگاوات ذخیره در منطقه سرویس یوتیلیتی، می توان تصور کرد که ظرفیت دستگاه های ذخیره ای بر روی فیدر توزیع می تواند چند صد کیلووات تا چند مگاوات باشد.

- تنظیم ولتاژ ضمن جبران شبکه انتقال: توان تولید یا مصرف شده می تواند بسیار خوب باشد با این حال ارتباطی با رفتار بار بر روی سیستم توزیع ندارد
- استنباط با شیوه های حفاظت جریان. همه منابع توان توزیعی پتانسیل اختلال در شیوه های یوتیلیتی را در طی عملیات پاک سازی دارند. چون بیشتر دستگاه های ذخیره ای دارای رابط مبتنی بر مبدل با شبکه یوتیلیتی است، مقدار جریان مدار کوتاه 110-1120 درصد است. با چندین دستگاه بزرگ، این برای هماهنگ سازی صرفه جویی فیوز کافی است. از سوی دیگر، استفاده از تجهیزات سنتی نظیر فیوزها و شکننده های مدار کافی نیست.
- ظرفیت مدار کوتاه کافی برای اجرای دستگاه های حفاظتی به صورت میکرو گرید لازم است. این یک مسئله رایج در همه منابع کوچک تر بوده و نیازمند رویکرد متفاوتی برای حفاظت از سیستم توزیع بر اساس مقادیر ولتاژ و رله بندی امپدانس است. حتی اگر حفاظت طوری اصلاح شود که منابع ظرفیت پایین را در بر گیرد، اکثریت مصرف کننده ها دارای قطع کننده هایی هستند که نیازمند یک جریان مدار کوتاه قوی است.

4- شبیه سازی زمانی دنباله

اشکال بار سیستم توزیع از نظر تاریخی با چرخه های روزانه یا هفتگی بوده است. بسیاری از فرضیات مبنی بر این که برنامه ریزان رتبه بندی تجهیزات را انجام می دهند بر اساس این انتظار خواهد بود که اشکال این بار تداوم خواهد داشت. بر این اساس برنامه OpenDSS در 1997 طراحی شده است و محققان EPRI به این نتیجه رسیده اند که امکان دست یابی به پاسخ صحیح تر برای مسائل برنامه ریزی توزیع از جمله DER بوده است مگر این که یک سری از راه حل های جریان قدرت یا توان در یک دوره زمان معنی دار انجام شده است. ظرفیت جریان توالی زمانی یک عمل پذیرفته شده در روش های برنامه ریزی پیشرفته برای تحلیل منابع و بارهای جدیدی است که به طور معنی داری موجب تغییر شکل بار بر روی سیستم توزیع می شود.

به این ترتیب امکان استفاده از این ظرفیت برای توضیح دقیق ذخیره برای برنامه ریزی توزیع وجود دارد. ذخیره نه تنها یک منبع متغیر است بلکه یک منبع محدود و ابزار شبیه سازی است که بایستی بتواند میزان انرژی ذخیره شده را توجیه کند و برای عرضه کننده قابل تامین باشد. برخی از فناوری های ذخیره ای در نرخ رمپ عنصر ذخیره ای متغیر و محدود است.

ذخیره نه تنها بایستی توان را در صورت نیاز ارایه کند بلکه بایستی از برخی منابع تغذیه شود و معمولاً بر روی یک شبکه قرار می‌گیرد. چرخه یا سیکل شارژ-تخلیه معمولاً با تلفات همراه است که نقش مهمی در اقتصاد ایفا می‌کند و نشان دهنده کاربرد آن است. به این ترتیب تلفات در طی دوره‌هایی رخ می‌دهد که دستگاه ذخیره ای نه تخلیه ای و نه شارژی باشد. این تلفات شامل مواردی نظیر سرد و گرم نگه‌داری ابزار بسته به دمای محیط بوده و می‌تواند مهم باشد. از این روی مسئله برنامه‌ریزی قادر به تعیین ظرفیت تحویل توان برای رفع تقاضای پیک از یک منبع اوان است که همیشه قابل دسترس است.

5- حالت‌های شبیه‌سازی

EPRI به مطالعه مسئله برنامه‌ریزی توزیع با مخزن از زمان شروع پروژه اسمارت‌گرید دمو پرداخته است. یکی از اولین پروژه‌های دمو، ذخیره انرژی جامعه بود و شش حالت شبیه‌سازی پایه برای مدل‌سازی حافظه برای تحلیل سیستم توزیع بر اساس برنامه بوده است:

1- حالت استاتیک: این یک راه حل مرسوم مربوط به یکی از حالت‌های جریان توان با مدل دستگاه ذخیره ای می‌باشد که موجب تخلیه و شارژ در مقدار خاص شود. این یک تصویر برنامه‌ریزی جزئی با شبیه‌سازی شرایط محدودکننده را ارایه می‌کند با این حال نشان نمی‌دهد که موارد مربوطه از طریق شبیه‌سازی سری زمانی تعیین می‌شود.

2- حالت زمان: تحریک یک عنصر ذخیره ای در زمان معین از روز برای تخلیه یا شارژ در یک سطح ثابت

3- حالت پیک شیو: تحریک عنصر ذخیره ای به تخلیه در زمانی که بار در منطقه کنترل انتخاب شده نظیر زیر ایستگاه اندازه‌گیری شده و تولید توان کافی برای محدود شدن بار خالص به مقدار خاص می‌شود. شارژ به طور جدا در زمان برنامه‌ریزی شده انجام می‌شود.

4- حالت پس از بار گذاری: مشابه با حالت شیو پیک به جز مواردی که عنصر ذخیره ای در زمان خاص تخلیه می‌شود از طریق یک پیش‌بینی بار کوتاه مدت پیش‌بینی شده و برای جبران تقاضای بار لازم است. سپس کنترل‌گر ذخیره ای تلاش می‌کند تا توان کافی را برای محدود سازی بار خالص تا مقدار خاص تولید کند.

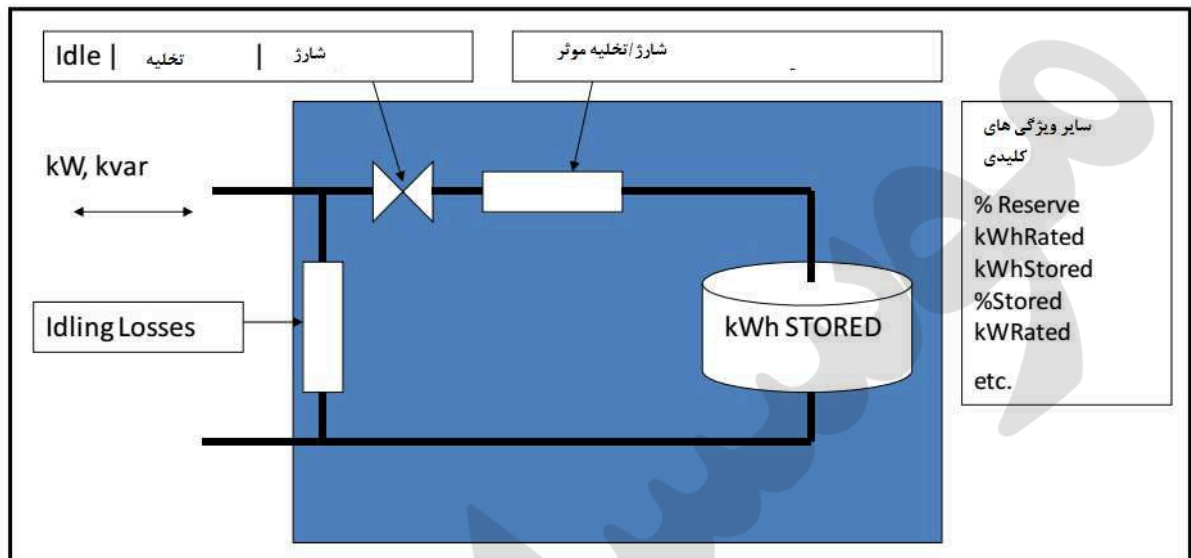
5- حالت شکل بار: سیکل شارژ و تخلیه ذخیره ای با شکل از پیش تعریف شده تعیین می شود. این ظرفیت به برنامه ریز انعطاف پذیری کافی را برای بررسی سناریو های مختلف بدون نیاز به الگوریتم های کامپیوتری کد گذاری شده در ابزار های برنامه ریزی می دهد.

6- حالت پویا: این یک حالت پیشرفته از تحلیل برای مدل سازی پدیده های سریع التغییر نظیر کنترل فراوانی بر روی میکرو گرید ها یا جریان های خراب است

EPRI نمونه هایی از این حالت های شبیه سازی را در نرم افزار منبع باز OpenDSS بر روی اینترنت پیاده سازی کرده است. این کد برای محققان علاقه مند قابل دسترس بوده و تولید کننده های نرم افزار می توانند آن را بازرسی کنند.

حالت های 2 تا 5 برای شبیه سازی جریان توان متوالی با مراحل زمانی 15 تا 1 ساعت برای ارزیابی ظرفیت انرژی و توان طراحی شده است. برای مطالعه با استفاده از ذخایر جبرانی برای منابع توان متغیر نظیر تولید PV خورشیدی، یک مرحله زمانی 1 ثانیه ای در نظر گرفته می شود. حالت پویا اغلب در مراحل زمانی از 0.2 تا 1 میلی ثانیه اجرا می شود. این حالت برای مطالعه این موضوعات به صورت کنترل فراوانی میکرو گرید و رفتار میکرو گرید در طی خرابی ها و اشفتگی ها لازم است. مدل سازی حالت پویای ذخیره ای در OpenDSS اولین بار با اجرای مدل ذخیره ای توسعه یافته توسط EDF اثبات شد که توصیفی از آن در گزارش EDF آمده است. مقالات دیگر در زمینه این پروژه نوشته شده اند. شبیه سازی حالت پویا در این مقاله نشان داده شده است.

مدل عنصر ذخیره OpenDSS یک مدل مستقل از فناوری می باشد که برای مطالعات برنامه ریزی مناسب است. هدف اصلی ارایه مدل خاص یک فناوری خاص است ولی باید برای بیشتر مطالعات برنامه ریزی کافی باشد که شامل یک یا چند سیستم توزیع یا ابزار های ذخیره ای است. یک رابط DLL برای این موارد ارایه شده است که برای مدل سازی فناوری ها به طور مفصل لازم است. یک برنامه نویس ماهر برای ایجاد DLL لازم است.



شکل 1: مفهوم پایه مدل EPRI OpenDSS STORAGE

6- تحلیل های استاتیک

ابزار تحلیل برنامه ریزی توزیع پایه یک جریان توان استاتیک بوده است. در این مقاله، هدف ما حل جریان توان با دستگاه ذخیره ای تنظیم شده برای شارژ و تخلیه در مقادیر توان معین است. به این ترتیب امکان ارزیابی مقادیر محدود کننده برای مسائل پایه نظیر افزایش کاهش یا ظرفیت حمل بار در طی عملیات وجود دارد. با این حال امکان ارزیابی نیاز ذخیره انرژی وجود ندارد مگر این که اشکال شارژ و تخلیه بسیار ساده فرض شود. عنصر زمانی در نظر گرفته نشده است

برنامه ریز و طراح توزیع علاقه مند به مطالعه سناریو هایی است که با عملیات طبیعی تعارض دارد. دو سناریوی فیلتر به صورت زیر است:

1- در بار حداکلف مطالعه ماکزیمم بار خروجی از واحدهای ذخیره ای برای ارزیابی پتانسیل تخلیه بار بیش از حد در طی این شرایط مطلوب است

2- در بار ماکزیمم، مطالعه شرایطی که در واحدهای ذخیره ای به حالت در حال شارژ برای بررسی بار اضافی حرارتی وارد می شود مطلوب است

این ها دو فیلتر نسبتا ساده هستند که با تحلیل سیستم توزیع انجام می شوند. فیلترهای مشابه اغلب برای سایر اشکال DER نظیر PV خورشیدی با نفوذ بالا ارزیابی می شوند. در صورتی که پیکر بندی ذخیره ای تحت دو تست با حاشیه رضایت بخش قرار گیرد، ذخیره می تواند بدون استنباط با بهره برداری از سیستم توزیعی در نظر

گرفته شود. برنامه ریز ها بایستی تصمیم بگیرند که یک حاشیه رضایت بخش است. فیلتر ها جامع نمی باشند و سایر مسائل در طی شبیه سازی های پویا نشان داده نمی شوند.

دیگر تحلیل استاتیکی مهم، مطالعه مدار کوتاه است. این مستلزم مدل بررسی منابع مبتنی بر مبدل در سیستم های مدار کوتاه است. این تحلیل مشابه با تحلیل مورد نیاز برای مدل سازی مبدل های PV خورشیدی است. تحقیقات بیشتری توسط EPRI انجام شده است و نشان می دهد که DER مبتنی بر مبدل تا 1.2 برابر است. در صورتی که کاهش ولتاژ خفیف باشد، بیشتر مبدل ها تولید یک جریان یکسان همانند قبل می کنند.

تحلیل استاتیک برای بسیاری از کاربرد های ذخیره ای بر روی سیستم های توزیع برای کوتاه مدت کافی است. با این حال وقتی که دستگاه های ذخیره ای غالب می شوند، برخی از شبیه سازی زمانی برای مدل سازی عملیات عناصر عنصر و وضعیت انرژی ذخیره شده مطلوب است. نمونه ها در زیر بررسی شده اند

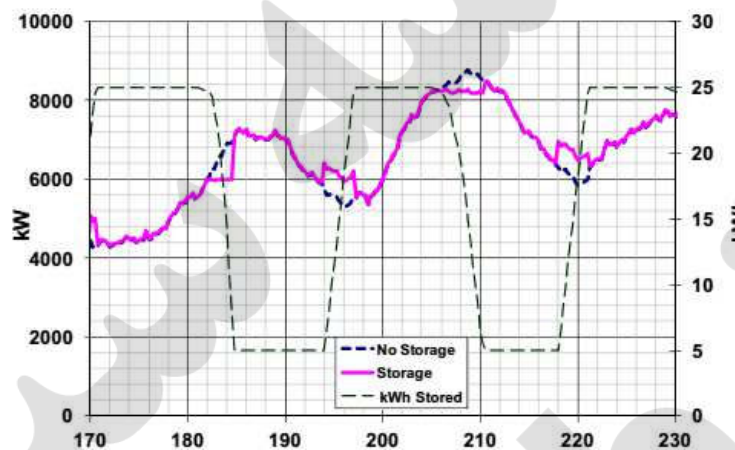
7- ارزیابی ظرفیت

شکل 2 نتایج شبیه سازی انجام شده را در طی پروژه شبکه هوشمند دمو با AEP نشان می دهد. این شبیه سازی برای مطالعه امکان سنجی استفاده از 25 کیلو وات طراحی می شود که معمولا در تقاضای باری بالا مطلوب است. شبیه سازی با استفاده از داده های تقاضای فیدر 15 دقیقه ای انجام شد. داشتن ظرفیت برای تضمین ظرفیت مفید کافی نیست. از این روی زمانی باید موجود باشد که بتوان با ارایه ظرفیت، اعتبار کافی را بدست آورد.

ذخیره یک منبع محدود است. وقتی که منبع ذخیره ای محدود برای کاهش پیک روزانه استفاده شود زمان بندی پیک روزانه بایستی به طور صحیح پیش بینی شود. در کنترل بار، کنترل گر ذخیره ای سعی می کند تا تقاضای فیدر را حفظ کند و این سطح تقاضا در زمان تخلیه بار توصیه می شود. در صورتی که عنصر ذخیره ای باری تخلیه سریع استفاده شود، ذخیره قبل از پیک تخلیه می شود و از این روی مزیت ها را می توان دریافت کرد. منحنی خط تیر نشان دهنده وضعیت بار در باطری است و در طی دو روز پیک تعیین می شود. زمان بندی انتشار ذخیره در روز دوم منجر به یک نتیجه موفق می شود. این یافته برای تعیین جریان های توان مطلوب است. به تفاوت در اندازه مناطق بین منحنی عدم ذخیره ای و منحنی ذخیره ای در طی شارژ و تخلیه مراجعه کنید. مدل ذخیره ای نشان دهنده کاهش در عنصر ذخیره ای می باشد. تلفات بایستی طوری شبیه سازی شوند که

ماهیت وابسته به زمان مسئله را در نظر بگیرند. در این صورت تقریباً 20 درصد تفاوت در مناطق مربوطه به این دلیل است که مدل تلفات 10 درصدی را در هر دو زمان تخلیه و شارژ محاسبه می کند. هم چنین این مدل یک تلفات 10 درصدی را نشان می دهد. این توان برای جبران تلفات ناشی از اصطکاک لازم است. این تلفات زیاد نمی باشند ولی در طی یک سال زیاد می شوند زیرا دستگاه ذخیره ای با تاخیر همراه است. این بر شرایط اقتصادی اثر معنی داری می گذارد.

تابع بار با ذخیره 25 کیلووات



شکل 2: استفاده از حافظه برای اصلاح اوج روزانه

در پیاده سازی OpenDSS این شبیه سازی، هر عنصر ذخیره ای بایستی محاسبه تلفات خود را در نظر بگیرد. یک انرژی سنج در راس فیدر قادر به ثبت اثرات است.

وضعیت تخلیه و بار همه واحد های ذخیره ای در این مسئله با کنترل گر نظارتی تعیین می شود. اطلاعات محلی ناکافی برای هر مدل ذخیره ای برای تعیین وضعیت وجود دارد. مدل سازی کنترل گر ها یک چالش جدید برای برنامه ریزان توزیع است زیرا مدل های کنترل گر دارای الگوریتم های کاملاً پیشرفته هستند. در این مثال، تخلیه با کنترل زمان ساده در 13 هر روز تعیین می شود. سپس کنترل گر انتشار برق هر واحد را برای حفظ تقاضای ثابت در سر فیدر مدیریت می شود. یک کنترل گر نسبتاً ساده با 2 درصد باند حول مقدار هدف در این مثال استفاده شده است.

کنترل گر های باند مرده عملکرد خوبی بر روی سیستم های توان دارد و به طور کلی در طی شبیه سازی ها اعمال می شوند. تخلیه تا زمانی ادامه دارد که تقاضای فیدر به کم تر از مقدار هدف کاهش یابد و عناصر ذخیره

ای به حداقل مقدار مجاز سطح کیلووات بر ساعت برسد. برای طراحی CES مدل سازی شده در این شبیه سازی، سطح ذخیره 20 تا 50 درصد بررسی شد. نیاز ذخیره ای بستگی به کاربرد عنصر ذخیره ای دارد. اگر اولویت عرضه به مشتریان باشد، مقدار انرژی بایستی محدود شود.

این تصمیم طراحی دیگری است که برنامه ریز توزیع بایستی اتخاذ کند.

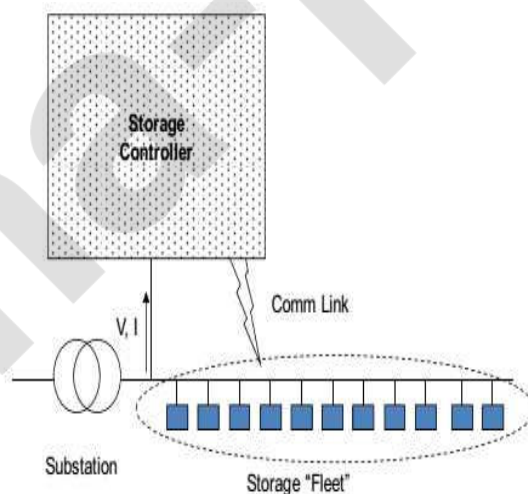
در پیاده سازی OpenDSS، مدل های دستگاه ذخیره ای، سطوح ذخیره انرژی را مدیریت کرده و به کنترل گر در زمان تخلیه ذخیره برای حفظ ذخیره پاسخ می دهد.

شارژ در زمان 2 در این مقال شروع شده و با سرعت 30 درصد رتبه بندی توان عنصر ذخیره ای تا زمان شارژ کامل باطری شروع می شود. در این مقال، سه ساعت طول می کشد تا شارژ مجدد از سطح 20 درصد تا ظرفیت کامل صورت گیرد

8- کنترل گر های ذخیره ای

برنامه OpenDSS از دو مدل جدا برای نشان دادن حافظه برای این نوع شبیه سازی استفاده می کند

- 1- یک عنصر ذخیره ای نشان دهنده دستگاه ذخیره انرژی است
- 2- یک کنترل گر ذخیره ای ابزار کنترل کننده عناصر ذخیره ای با استفاده از شش حالت کنترل فوق الذکر است. این موضوع در شکل 3 نشان داده شده است. عنصر ذخیره ای، رفتار محیط ذخیره ای را مدل سازی کرده و سطح انرژی را پایش می کند. برای راه حل جریان توان، به عنوان ژنراتور یا بار بسته به شارژ یا تخلیه عمل می کند



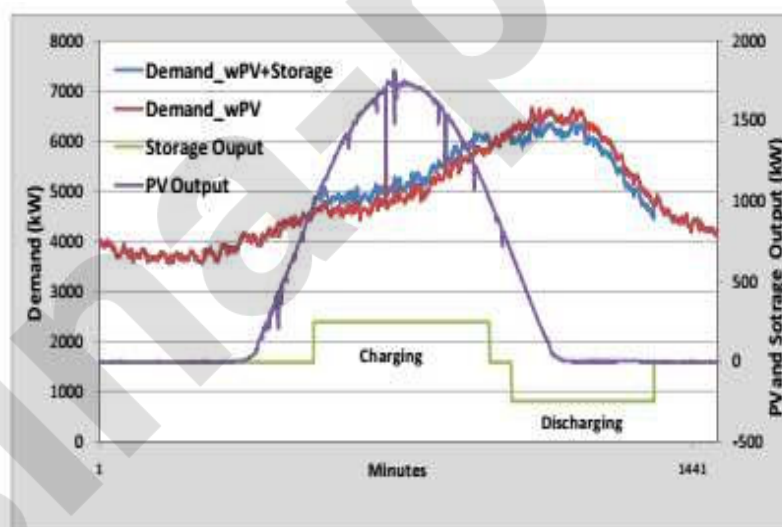
شکل 3: مفهوم کنترل گر ذخیره OPENDSS

کنترل گر ذخیره ای نه تولید توان و نه مصرف توان انجام می دهد بلکه تنها موقعیت در مدار فعال را پایش کرده و سپس پیام هایی را به عناصر ذخیره ای منتخب برای کسب توان مطلوب از ناوگان یا شارژ مجدد ناوگان در سرعت مناسب برای شرایط سیستم پایش می کند. اگر کنترل گر در حال پایش یک نصب PV خورشیدی باشد سرعت شارژ باید مطابق با خروجی PV باشد.

تفکیک عملکردها در ابزار برنامه ریزی توزیع در این روش موجب تسهیل و ساده سازی پیاده سازی در کد کامپیوتری می شود. به این ترتیب ترگویی از ذخیره و کنترل کننده ذخیره، مطلوب ترین مدل در OPENDSS می باشد.

9- مثال : جبران برای تولید تجدید پذیر

عناصر ذخیره ای را می توان برای طیف وسیعی از اهداف در سیستم های توزیع استفاده کرد. یک مثال رایج جبران تولید تجدید پذیر متغیر است. نتایج در شکل 4 برای یک دستگاه ذخیره ای 2 مگاوات بر ساعت در زمان یک دقیقه نشان داده شده است. کنترل گر ذخیره ای برای شارژ در طی خروجی PV پیک برنامه ریزی شده و سپس در پیکبار تخلیه می شود و این موجب تاخیر در خروجی خورشیدی می شود. به این ترتیب می توان یک مسئله ظرفیتی پیش روی برنامه ریزان را حل کرد: خروجی تولید خورشیدی حدود 2 ساعت می باشد و این یک بار پیک عمومی است که برای آن برنامه ریزان توزیع سیستم توزیع را طراحی می کنند. بعد از تاخیر، ارتقای سیستم شروع می شود. ظرفیت شبیه سازی زمانی برای ارزیابی بهتر اثر واقعی این منبع بر روی ظرفیت سیستم لازم است.

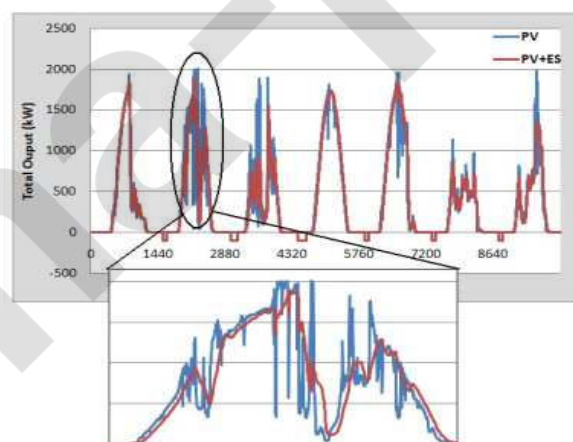


شکل 4: استفاده از باتری برای تغییر تولید PV

در سناریوی نشان داده شده در شکل 4، کنترل مبتنی بر زمان برای تغییر خروجی انرژی از PV به سمت دوره های تقاضای بالاتر استفاده می شود. این به اندازه روش های اصلاح پیک و تابع بار اهمیت دارد. بدون مشاهده مستقیم، مدت زمان شارژ/تخلیه روش مبتنی بر زمان باید برای پوشش دادن تغییرات در تقاضای پیک و تولید کافی باشد. در نتیجه، سرعت تخلیه شارژ کم تر از میزان بدست آمده از طریق روش های کنترل دیگر است. به علاوه، روش انتشار مبتنی بر زمان یک سیکل تخلیه و شارژ کامل را صرف نظر از انرژی تولید شده یا مصرف شده دارد.

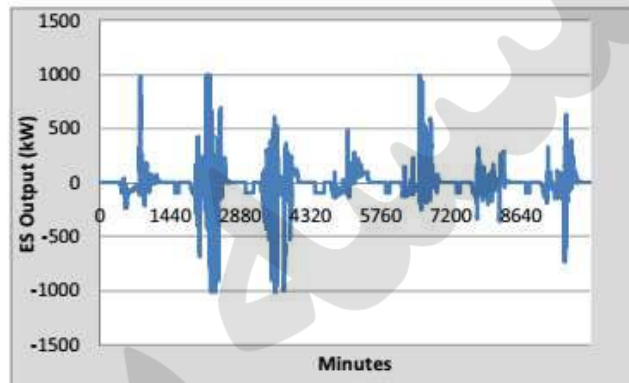
ابزار برنامه ریزی تولید می تواند قادر به ارزیابی عملکرد گزینه های کنترل ذخیره ای متفاوت ضمن پوشش دادن تعامل با منابع تجدید پذیر باشد. در این مثال، کنترل مبتنی بر زمان ذخیره موجب کاهش انرژی موثری تامین شده توسط PV تا 3.3 درصد به دلیل تلفات عملیاتی می شود. به این ترتیب تقاضای پیک تا 740 کیلووات فراتر از مقدار حاصله با کنترل مبتنی بر زمان حاصل می شود.

دیگر دستور کنترل ذخیره ای معمولاً مطابق با تولید تجدید پذیر در نظر گرفته می شود که موجب هموار شدن نوسانات در تولید متغیر خواهد شد. این نوسانات منجر به مسائل تنظیم ولتاژ زیادی در سیستم های توزیع می شوند. در حقیقت این مهم ترین مسئله محدود کننده ظرفیت هاست PV در سیستم های توزیع است. به این ترتیب داشتن ظرفیت جوان برای مواجهه با این مسائل مطلوب است. خروجی خالص PV با و بدون ذخیره تطبیقی در شکل 5 برای یک الگوریتم کنترل پتانسیل نشان داده شده است. در این مورد، ذخیره انرژی، ذخیره انرژی بر اساس هدف متوسط برای خروجی خالص PV و ذخیره تعیین می شود.



شکل 5: تغییرات هموار سازی در تولید PV

شبیه سازی در OpenDSS با استفاده از حالت تابع شکل بار انجام شد. شی شکل بار در OpenDSS یک منحنی به ازای هر واحد در نظر گرفته شد. شکل بار با استفاده از مقدار هدف تعیین شد در حالی که محدودیت های عملیاتی از جمله کیلووات بر ساعت و کیلووات مربوط به ذخیره مدل سازی شده در نظر گرفته شد. شکل بار برای شبیه سازی در نظر گرفته شد.



شکل 6: عملیات یکنواخت سازی خروجی توان

توجه کنید که این عملیات مستلزم استفاده از واحد ذخیره سازی برای جریان متناوب بین تخلیه و شارژ است ضمن این که PV تولید حجم زیادی از توان می کند. واحد ذخیره ای به مقدار نیم در ساعت 2 تخلیه می شود. به این ترتیب واحد جذب قادر به جذب یا رد توان در صورت نیاز است به خصوص زمانی که سیستم PV شروع به تولید توان می کند.

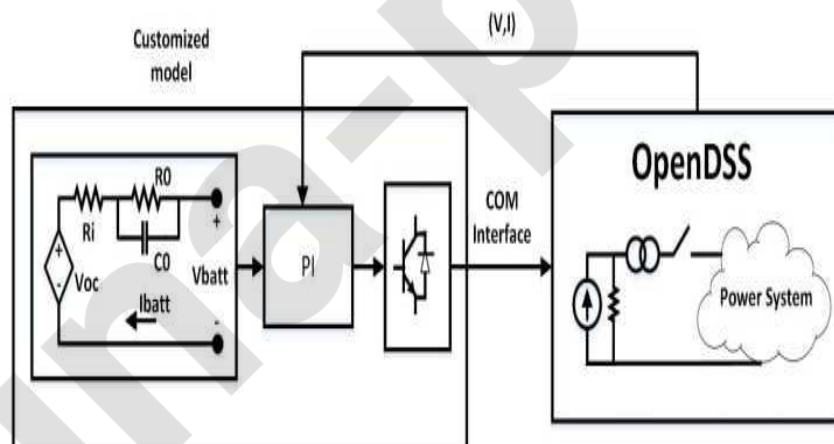
چرخه شارژ در هر دو شکل 5 و 6 مشهود است. با توجه به خروجی متغیر PV و ماهیت عملکرد یکنواخت سازی، مقدار انرژی مورد نیاز برای دستگاه یک تابع مستقیمی از تلفات در طی عملیات وز قبل است. در این شبیه سازی، تلفات ایجاد شده می تواند با کاهش تولدی کل از PV یا ذخیره تا 1.8 درصد همراه باشد. این نشان دهنده سطح جزییاتی است که باید در مطالعه نشان داده شود. حالت شکل بار برای تحلیل این مطلب بسیار مفید است زیرا برنامه ریز نیازمند ظرفیت مدل سازی شکل است

10- مثال شبیه سازی پویا

بیشتر حالت های شبیه سازی متغیر زمانی شناسایی شده را می توان با عرضه بار و توان ذخیره سازی با استفاده از داده های توان در مراحل زمانی مختلف متغیر از چند ثانیه تعیین کرد. سپس، ابزار تحلیل بایستی یک سری راه حل های جریان توان را در نظر بگیرد. به این ترتیب گسترده زمانی راه حل جریان تایید شده توسط ابزار های

تحلیل سیستم توزیع در نظر می‌گیرد. این یک اندازه گام زمانی طولانی تر از تغییرات را در عنصر ذخیره ای نشان می‌دهد. با این حال، برای مطالعه اثرات متقابل دستگاه های ذخیره مبتنی بر مبدل در طی اشفنگی هاو یا کنترل پایداری بر روی پویایی میکروگرید هاف تغییرات الکترومکانیکی لازم است و از این روی ظرفیت تحلیل برای شبیه سازی ذخیره در مراحل مختلف زمانی 1 میلی ثانیه است. توسعه مدل های مناسب برای برنامه ریزی توزیع در مراحل ابتدایی اهمیت زیادی دارد. که به شکل EPRI در نظر گرفته شده است.

حالت پویای ساده اجرا شده در نرم افزار OpenDSS برای مدلسازی پویایی ماشین برای تحلیل جزیره ای شدن برای ارزیابی ارتباط تولید توزیع در نظر گرفته می‌شود و این مطابق با فراوانی و ملزومات ولتاژ IEEE است. برای ماشین های چرخشی، معادلات دیفرانسیل نشان دهنده یک معادله پیچیدگی برای هر ماشین است. برای مبدل ها، معادلات دیفرانسیل نشان دهنده خلقه های کنترل انتگرال تناسبی پیچیده است. ذخیره نه تنها بایستی توان را در صورت نیاز ارایه کند بلکه بایستی از برخی منابع تغذیه شود و معمولا بر روی یک شبکه قرار می‌گیرد. چرخه یا سیکل شارژ-تخلیه معمولا با تلفات همراه است که نقش مهمی در اقتصاد ایفا می‌کند و نشان دهنده کاربرد آن است. به این ترتیب تلفات در طی دوره هایی رخ می‌دهد که دستگاه ذخیره ای نه تخلیه ای و نه شارژی باشد. این تلفات شامل مواردی نظیر سرد و گرم نگه داری ابزار بسته به دمای محیط بوده و می‌تواند مهم باشد. از این روی مسئله برنامه ریزی قادر به تعیین ظرفیت تحویل توان برای رفع تقاضای پیک از یک منبع اوان است که همیشه قابل دسترس است.



شکل 7: شبیه سازی پیشنهادی از جمله مدل سفارشی

بر طبق مدل تونین خوشه باطری نشان داده شده در شکل 7، خروجی باطری را می توان به صورت زیر بدست آورد

$$V_{batt} = V_{OC} - \left(R_i + \frac{K}{SOC} \right) I_{batt} \quad (1)$$

که K ثابت قطبی سازی است و SOC، حالت شارژ باطری است.

شروع یک بخش از شبکه توزیع MV

می تواند بعد از اختلال در بار شبکه صورت گیرد. برای مثال پس از حفاظت در برابر خرابی ها معمولا یک مبدل DC/AC به شرایط غیر بار افزوده می شود و سپس یک بشر MV برای انرژی سازی جزیره استفاده می شود. هر دو عملیات از مدل ذخیره ای سفارشی گرفته شده و بر اساس NI LabVIEW است.

بزار تحلیل برنامه ریزی توزیع پایه یک جریان توان استاتیک بوده است. در این مقاله، هدف ما حل جریان توان با دستگاه ذخیره ای تنظیم شده برای شارژ و تخلیه در مقادیر توان معین است. به این ترتیب امکان ارزیابی مقادیر محدود کننده برای مسائل پایه نظیر افزایش کاهش یا ظرفیت حمل بار در طی عملیات وجود دارد. با این حال امکان ارزیابی نیاز ذخیره انرژی وجود ندارد مگر این که اشکال شارژ و تخلیه بسیار ساده فرض شود. عنصر زمانی در نظر گرفته نشده است

برنامه ریز و طراح توزیع علاقه مند به مطالعه سناریو هایی است که با عملیات طبیعی تعارض دارد. دو سناریوی فیلتر به صورت زیر است:

1- در بار حداکلف مطالعه ماکزیمم بار خروجی از واحد های ذخیره ای برای ارزیابی پتانسیل تخلیه بار بیش از حد در

طی این شرایط مطلوب است

2- در بار ماکزیمم، مطالعه شرایطی که در انواحد های ذخیره ای به حالت در حال شارژ برای بررسی بار اضافی

حرارتی وارد می شود مطلوب است

این ها دو فیلتر نسبتا ساده هستند که با تحلیل سیستم توزیع انجام می شوند. فیلتر های مشابه اغلب برای سایر

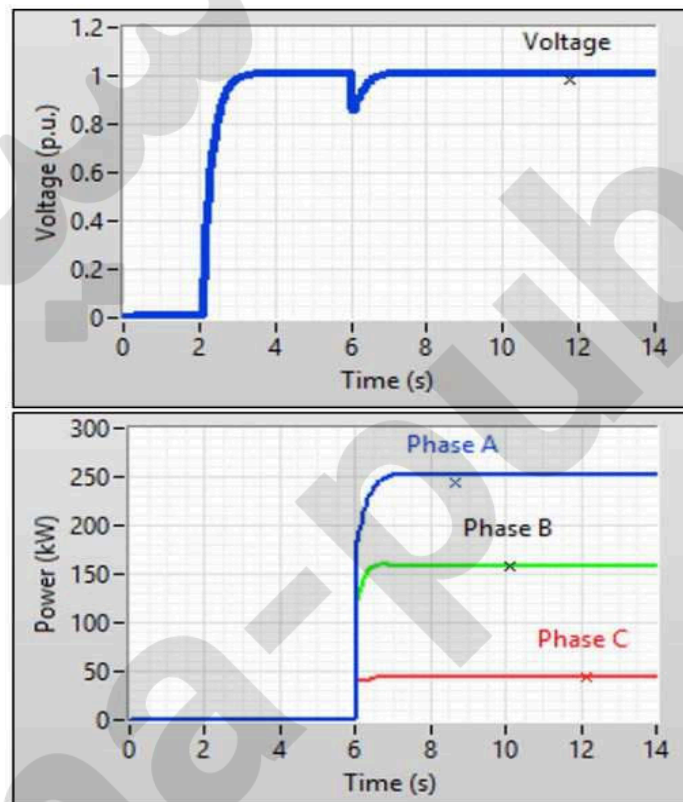
اشکال DER نظیر PV خورشیدی با نفوذ بالا ارزیابی می شوند. در صورتی که پیکر بندی ذخیره ای تحت دو

تست با حاشیه رضایت بخش قرار گیرد، ذخیره می تواند بدون استنباط با بهره برداری از سیستم توزیعی در نظر

گرفته شود. برنامه ریزها بایستی تصمیم بگیرند که یک حاشیه رضایت بخش است. فیلترها جامع نمی باشند و سایر مسائل در طی شبیه سازی های پویا نشان داده نمی شوند.

دیگر تحلیل استاتیکی مهم، مطالعه مدار کوتاه است. این مستلزم مدل بررسی منابع مبتنی بر مبدل در سیستم های مدار کوتاه است. این تحلیل مشابه با تحلیل مورد نیاز برای مدل سازی مبدل های PV خورشیدی است. تحقیقات بیشتری توسط EPRI انجام شده است و نشان می دهد که DER مبتنی بر مبدل تا 1.2 برابر است. در صورتی که کاهش ولتاژ خفیف باشد، بیشتر مبدل ها تولید یک جریان یکسان همانند قبل می کنند.

تحلیل استاتیک برای بسیاری از کاربرد های ذخیره ای بر روی سیستم های توزیع برای کوتاه مدت کافی است. با این حال وقتی که دستگاه های ذخیره ای غالب می شوند، برخی از شبیه سازی زمانی برای مدل سازی عملیات عناصر عنصر و وضعیت انرژی ذخیره شده مطلوب است. نمونه ها در زیر بررسی شده اند



شکل 8: نتایج بدست آمده با انجام عملیات بلک استارت بر روی میکروگرید MV

این مثالی از شیوه ترکیب مدل های خیره ای در شبیه سازی یک سیستم توزیع با ظرفیت راه حل پویا است. مدل موجود یک مدل بسیار ساده است ولی برای نشان دادن شیوه اجرای مدل با زبان برنامه نویسی خارجی

مطلوب است و می توان با شبیه سازی OpenDSS استفاده شود. یک سری مسائل فنی بایستی در عملکرد شبیه سازی هم زمان در نظر گرفته شود. و باید توسط کاربران مستند سازی شوند

11-رابط مدل عرضه کننده فروشنده

مدل سازی پیچیدگی های فوق برای تحلیل پویا معمولا خسته کننده هستند و بایستی در فرایند برنامه ریزی توزیع در نظر گرفته شوند. یکی از این مدل ها نیازمند 13 متغیر است. یک زمان نا کافی در فرایند برنامه ریزی برای واسنجی مدل ها برای دستگاه های ذخیره ای مختلف وجود دارد. یک راه حل پیشنهادی برای این مسئله، مربوط به تولید کننده های سیستم های ذخیره انرژی برای عرضه مدل ها برای نرم افزار برنامه ریزی با تجهیزات است. این یک ایده خوب است با این حال اجرای آن لزوما خوب نیست.

- ایجاد یک رابط نرم افزار عادی و مشترک بین بسته های تحلیل سیستم توزعی و مدل های عرضه نرم افزار
- رابط دارای نسخه هایی برای جریان توان شبه استاتیک ، و تغییرات الکترو مغناطیس و پویا است و هر کدام ملزومات متعددی دارند کار های گروهی استاندارد گذاری باید برای توسعه مشخصات رابط باشد
- اگرچه ویندوز مایکرو سافت یک بستری غالب برای برنامه ریزان توزیع در امریکا است، رابط باید بر روی بستر های کامپیوتری قابل اجرا باشد نظیر لینوکس، OS/X و بستر های دستی نظیر اندروید و IOS
- تحلیل سیستم توزیع قادر به اجرای رابط در محصول نرم افزار است
- عرضه کننده های سیستم ذخیره ای نیازمند ابزار هایی برای حفاظت از طراحی اختصاصی محصولات خود است. این یکقاعده عمومی است و روش اثبات برای آن وجود دارد.
- از این روی مراحل توسعه و پیشرفت کمی قبل از تحقق این واقعیت وجود دارد. در عین حال تحقیقات هنوز به روش های ساده تر تبدیل شده اند.

12- نتیجه گیری

شبیه سازی جریان توان زمان دنباله ای یک نسخه نسبتا ساده از راه حل جریان توان استاتیک در ابزار های تحلیل سیستم توزیع است. هر یک از حالت های شبیه سازی ارایه شده در این مقاله، نیازمند مدل های پیچیده تر و داده های بیشتری نسبت به ارزیابی جریان توان استاتیک است که از طریق آن برنامه ریزان توزیع مشابه عمل می کنند. مدل های پویای ذخیره مبتنی بر مبدل نیازمند مقادیر بیش از 30 پارامتر است. این برای برنامه ریزان

توزیع بسیار مهم است. برخی از چارچوب های مدل های استاندارد برای مدل های عرضه کننده فروشنده بایستی برای اسان تر و جذابتر شدن تحلیل گران استفاده شود. کار های توسعه مدل برای ابزار های تحلیل سیستم توزیع در نظر گرفته شده است. ذخیره انرژی به عنوان روشی برای حل بسیاری از مسائل در خصوص شبکه برق الکترونیک به ویژه مسائل مرتبط با تولید تجدید پذیر نظیر تولید انرژی بادی و خورشیدی پیشنهاد می شود. برخی از قوانین استانی و ایالاتی امریکا، نصب بسیاری از مخازن را برای پشتیبانی از نیاز های پیش بینی شده شبکه های توان لازم کرده است. بیشتر این ذخیره جدید انتظار می رود که متصل به فیدر های توزیع باشد. برنامه ریزان توزیع فاقد ابزار ها و روش هایی برای ارزیابی اثر ذخیره بر روی ظرفیت سیستم توزیع، اطمینان پذیری و کیفیت توان می باشند. طراحان معمولاً از محاسبات جریان توان استاتیک استفاده می کنند با این حال تحلیل دقیق ذخیره نیازمند شبیه سازی زمان متوالی است. این مقاله به توصیف مدل سازی ذخیره برای انواع شبیه سازی ها بر روی سیستم های توزیع برای قالب های مختلف می پردازد. اثر اصلی بر روی تنظیم ظرفیت و ولتاژ را می توان در شبیه سازی های با فاصله 15 دقیقه تا 1 ساعت اندازه گیری کرد. ارزیابی یکنواختی تغییرات تولید تجدید پذیر نیازمند شبیه سازی های با اندازه 1 دقیقه یا کم تر است. ارزیابی این ابزار ها به صورت کنترل فرکانسی میکرو گرید ها و عملکرد در طی اشفستگی های موقت نیازمند تحلیل پویا در فاصله هایی از ثانیه تا میکرو ثانیه است. این مقاله به بررسی خلاصه ای از تحقیقات EPRI در مدل سازی ذخیره انرژی برای مطالعات طراحی می پردازد. یک زمینه مورد نگرانی دیگر در میان برنامه ریزان توزیع مربوط به وابستگی به روابط با سرعت بالا برای کنترل میکرو گرید ها، دستگاه های حافظه ای چند گانه و سایر منابع توزیعی است. اینی سوال مطلوب برای در نظر گرفتن شبکه ارتباطاتی است که بسیار یاز افراد از آن استفاده می کنند به خصوص برنامه های با پاسخ پر سرعت به تغییرات فرکانس. ظرفیت یک ابزار برنامه ریزی توزیع بایستی شامل چندین مدل باشد و نیز شبکه توان با کنترل گر ها در نظر گرفته شود. کار بر روی این موضوع شروع شده است و هنوز مشخص نیست که آیا فرم این ظرفیت برای برنامه ریزان توزیع چگونه است.