



یک روش دینامیکی برای برنامه ریزی سیستم توزیع با در 05441

نظر گرفتن DGها و ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی

احسان شالویی

شرکت توزیع نیروی برق خوزستان

ایذه، ایران

Eh.shaloyi@yahoo.com

میثم محمدی لندی**

شرکت توزیع نیروی برق خوزستان

ایذه، ایران

Meysam_mohammadi@shirazu.ac.ir

واژه‌های کلیدی — ایستگاه شارژ؛ برنامه ریزی دینامیکی سیستم
توزیع؛ تولید پراکنده؛ خودروی الکتریکی؛

فهرست اختصارات و علائم

شاخص‌ها:

شاخص‌های باس‌های شبکه

i, j

شاخص سطح بار شبکه

k

شاخص باس ایستگاه

l

شاخص زمان

t

شاخص ترانسفورمرهای ایستگاه

u

شاخص مربوط به فیدر

f

نشانه‌ها:

چکیده — ظهور منابع تولید پراکنده (DG) و افزایش تقاضا برای رشد خودروهای الکتریکی (EV) منجر به تغییرات و نوآوری‌هایی در برنامه ریزی سیستم توزیع (DSP) شده است. در آینده نزدیک، شارژ خودروهای الکتریکی در ایستگاه‌های شارژ (CS) موجب افزایش بار متوسط سیستم‌های توزیع و تلفات شبکه خواهند شد. به منظور تامین بار EVها و کاهش هزینه‌های کلی سیستم توزیع، بهره‌برداران شبکه توزیع نیازمند برنامه ریزی جدید به منظور کاهش هزینه‌های مالی و فنی شبکه می‌باشند. در این مقاله، یک روش برنامه ریزی دینامیکی به منظور کاهش هزینه تلفات شبکه، هزینه احداث ایستگاه شارژ، فیدر و ترانسفورماتور جدید در ایستگاه شبکه توزیع و هزینه بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات شبکه پیشنهاد شده است. مکان و ظرفیت بهینه ایستگاه‌های شارژ و DGها با در نظر گرفتن قیود مربوط به پخشبار شبکه توزیع، مربوط به بهره‌برداری از ایستگاه شارژ و DG به صورت بهینه تعیین شده‌اند. در این مقاله، توصیف دینامیکی به تعیین متغیرهای تصمیم‌گیری مسئله در طول یک دوره زمانی مشخص بر می‌گردد.

توان راکتیو تزریقی در باس j ام	Q_j	نشانگر منبع تولید پراکنده	DG
سال نصب DG در باس i ام	IY_{DG_i}	نشانگر باسبارهای شبکه	LB
سال نصب فیدر بین باس ij ام	$IY_{f,ij}$	نشانگر سطوح بار شبکه	LL
سال نصب ترانسفورمر u ام در ایستگاه l ام	$IY_{l,u}$	نشانگر ایستگاه	SS
سال نصب CS در باس i ام	IY_{CS_i}	نشانگر ترانسفورمرهای ایستگاه	U
پارامترها:			
توان تامین شده توسط DG در سال t ام در سطح بار k ام در باس i ام	$S_{DG\ t,k,i}$	هزینه سالیانه سرمایه گذاری ($\$/MVA$) DG	AC_{DG}
توان مصرفی توسط CS در سال t ام در سطح بار k ام در باس i ام	$S_{CS\ t,k,i}$	هزینه سرمایه گذاری ترانسفورمر u نصب شده در ایستگاه (l)	$AC_{l,u}$
توان تزریقی به شبکه از طریق ایستگاه l ام	P_{SS_l}	هزینه اصلی مربوط به تجهیز ($\$/MVA$)	CC
متغیر باینری نشان دهنده وجود ترانسفورمر u ام در باس i ام در سال t ام	$\sigma_{i,u,t}$	هزینه نگهداری و بهره‌برداری (O&M) در واحد ($\$/MWh$)	C_{DG_i}
متغیر باینری نشان دهنده وجود DG در باس i ام در سال t ام	$\sigma_{DG_i,t}$	هزینه کلی تقویت فیدر از باس i به باس j	C_{ij}
متغیر باینری نشان دهنده وجود ایستگاه در باس i ام در سال t ام	$\sigma_{CS_i,t}$	قیمت برق برای بار در سطح k ($\$/MWh$)	C_{SSk}
متغیر باینری نشان دهنده وجود ایستگاه در باس i ام در سال t ام	$\sigma_{CS_i,t}$	نرخ بهره	d
متغیر باینری نشان دهنده نیازمندی تقویت فیدر بین باس ij ام و j ام	$\sigma_{ij,t}$	مدت زمان سطح بار k (h)	LD_k
		طول عمر تجهیزات	LT
متغیرها:			
		ظرفیت پشتیبانی DG	BK
		توان تزریقی در باس j ام	P_j
		ادمیتانس فیدر بین باس i و j ام	Y_{ij}
		ولتاژ باس j ام	V_j
		زاویه فیدر بین باس i و j ام	θ_{ij}
		ولتاژ باس j ام	δ_j

۱. مقدمه

رشد مربوط به بار خودروهای الکتریکی (EV) در سیستم‌های توزیع در دنیا توجه محققین را به مطالعه همزمان ایستگاه شارژ خودروهای الکتریکی (CS) و منابع تولید پراکنده (DG) به خود جلب کرده است. بکارگیری آسان، شارژ ایمن، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، امنیت انرژی و ۴۰٪- کاهش در وابستگی به سوخت‌های فسیلی به عنوان فواید اصلی خودروهای الکتریکی (EV) در نظر گرفته شده‌اند [۱]. علاوه بر این، موسسه تحقیقات سیستم‌های قدرت گزارش می‌کند که ۶۲٪ از وسایل نقلیه آمریکا با خودروهای الکتریکی تا ۲۰۵۰ جایگزین خواهند شد [۲]. یکی از نگرانی‌های اصلی شرکت‌های تولید برق تغذیه‌ی باتری خودروهای الکتریکی است. از آنجایی که یک سیستم قابل اعتماد باید بتواند ۲۰ برابر بیشتر از

می‌تواند بدون هیچگونه تاسیسات اضافه‌ای مربوط به بخش انتقال و توزیع تغذیه شوند. یک تابع چند هدفه، شامل انحراف ولتاژ و تلفات، در [۱۴] ارائه شده است تا به صورت بهینه مکان و سایز بهینه ایستگاه‌های شارژ را در شبکه‌های توزیع تعیین کند. هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم و همچنین تلفات شبکه از طریق سطوح مختلف خودروهای الکتریکی در بازار ارزیابی شده‌اند [۱۵]. افزایش ۱۵٪ هزینه سرمایه‌گذاری و ۴۰٪ تلفات انرژی به عنوان نتیجه‌ی اضافه شدن ۶۰٪ افزایش خودروهای الکتریکی به شبکه در زمانهای پیک بار محاسبه شده‌اند. اندازه و مکان یابی بهینه ایستگاه‌های شارژ با در نظر گرفتن ارزش دارایی، هزینه‌های اصلی مربوط به ترانسفورمر و تلفات در [۱۶] محاسبه شده‌اند. علاوه‌براین، اندازه بهینه ایستگاه‌های شارژ و ذخیره‌های انرژی در [۱۶] برنامه ریزی شده‌اند. بهتر شدن تناسب پیک به دره بار و خرید کمتر برق از شبکه به عنوان نتایج برنامه ریزی بهینه ایستگاه‌های شارژ و منابع ذخیره انرژی در [۱۶] در نظر گرفته شده‌اند. در [۱۷] ایستگاه‌های شارژ به صورت بهینه با در نظر گرفتن سیستم حمل و نقل (راحتی مشتریان)، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری به صورت بهینه برنامه ریزی شده‌اند. در مرجع [۱۸] نشان داده شده که چگونه چند ایستگاه شارژ مدیریت شوند تا ولتاژ شبکه در هنگام کاهش پیک بار و پر کردن دره بار حفظ شود. در مرجع [۱۹] تلفات سیستم همچنین کیفیت قدرت با هماهنگی خودروهای الکتریکی به صورت بهینه مدیریت شده‌اند. علاوه‌براین، افت ولتاژ و کاهش پیک دیماندا از طریق هماهنگی درصد نفوذ بالای خودروهای الکتریکی در بازار در [۲۰] بررسی شده‌اند.

در این مقاله یک روش برنامه ریزی سیستم توزیع (DSP) به صورت دینامیکی، با در نظر گرفتن رشد خودروهای الکتریکی و بار معمولی شبکه پیشنهاد شده است. مکان، اندازه بهینه CSها و DGها به نحوی تعیین شده‌اند تا هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری و هزینه‌های تلفات شبکه مینیم شوند. محدودیت‌های مربوط به بخش‌بار در شبکه توزیع، محدودیت‌های مربوط به ظرفیت فیدر و ترانس‌های توزیع، ظرفیت‌های DG، CSها به منظور حداقل سازی هزینه کلی بهره‌برداری شبکه در نظر گرفته شده‌اند. یک متغیر تصمیم وابسته به سال به هر پیشنهاد سرمایه‌گذاری ضمیمه شده است که مسئله برنامه ریزی در شبکه توزیع را به یک مسئله دینامیکی تبدیل می‌کند. به منظور تصدیق روش بهینه سازی پیشنهادی حالات مختلف برای شبیه سازی فرض شده است. در پایان با در نظر گرفتن آنالیز حساسیت تاثیر درصد نفوذ خودروهای الکتریکی روی تابع هدف بررسی شده است. به صورت خلاصه نوآوری‌های مقاله به صورت زیر قابل بیان هستند:

ظرفیت قدرت موجود تولید کند [۳]، افزایش تولید برق برای بارهای الکتریکی در زمانهای پیک بار از دیگر چالش‌های سیستم‌های قدرت در هنگام شارژ خودروهای الکتریکی از است. تاثیر شارژ کنترل نشده با دسترس بودن درصد نفوذ متفاوت در [۴] ارزیابی شده است به صورتی که ۱۷,۹٪ و ۳۵,۸٪ افزایش بار در نتیجه افزایش ۱۰٪ و ۲۰٪ افزایش تعداد خودروهای الکتریکی به ترتیب بوجود آمده است. بنابراین، دیماندا اضافی تولید شده به وسیله خودروهای الکتریکی باید از طریق شبکه اصلی تامین شده که موجب افزایش تلفات انرژی می‌شود. مرجع [۵] شارژ کنترل شده خودروهای الکتریکی در ایستگاه‌های شارژ به صورت تجمع با پنلهای خورشیدی به منظور کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع الکتریکی بکار گرفته است.

بنابراین، توجه بخش‌های آکادمیک و صنعتی، که روی برنامه‌ریزی خودروهای الکتریکی درون ایستگاه‌های شارژ کار می‌کنند، به چالش‌های مربوط به مکان و اندازه نامناسب ایستگاه‌های شارژ در شبکه‌های توزیع معطوف شده‌اند [6]. تجهیزات تغذیه کننده‌ی خودروی الکتریکی (EVSE) برق را از یک منبع الکتریکی به پریز برق خودروی الکتریکی با یک فلوی الکتریسته امن منتقل می‌کنند [۱]. در این مقاله EVSE به ایستگاه شارژ گفته می‌شود. همچنین، خانه‌ها، محل‌های کار، مکان‌های خصوصی و ایستگاه‌های عمومی می‌توانند مکان‌های مناسبی برای نصب ایستگاه‌های شارژ باشند. الزامات ایستگاه‌های شارژ، همچون اندازه و مکان، در مراجع [۷] و [۸] در نظر گرفته شده‌اند. ایستگاه‌های شارژ به صورت بهینه برنامه ریزی و ظرفیتشان مشخص شده‌اند در حالیکه ولتاژ و تلفات در شبکه توزیع بهبود یافته‌اند [۹]. در این مقاله همچنین شبکه‌های حمل و نقل شهری و راحتی دسترسی برای مالکین خودروهای الکتریکی در نظر گرفته شده‌اند. یک روش جدید به منظور برنامه ریزی بهینه ایستگاه‌های شارژ در [۱۰] پیشنهاد شده است. در این مقاله تلفات انرژی و مسئله ترافیک برای برنامه ریزی بهینه ایستگاه شارژ سریع در شبکه‌های الکتریکی و ترافیکی در نظر گرفته شده‌اند. شبکه‌های توزیع به منظور ارزیابی اثرات ایستگاه‌های شارژ در حالت احتمالاتی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. به منظور پایداری پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات سیستم، یک مدیریت هوشمند بار در مراجع [۱۱] و [۱۲] جست و جو شده است. همچنین، در روش پیشنهادی در این مراجع پروفیل بار با پتانسیل کاهش پیک بهبود پیدا کرده است. یک مدل بهینه سازی امکان سنجی خودروهای الکتریکی در شبکه ONTARIO تا سال ۲۰۲۵ ارزیابی می‌کند [۱۳]. در این مرجع نشان داده شده که یک افزایش ۶,۵٪ به ۱۲,۵٪ خودروهای الکتریکی در بازار (در حدود ۵۰۰۰۰۰ خودروی الکتریکی)

$$OF_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_{LB}} \beta(IY_{DG_i}) AC_{DG_i} \times (S_{DG_i}^M + BK) \sigma_{DG_i,t} \\ + \sum_{t=1}^T \beta(t) \sum_{k=1}^{N_{LL}} LD_k \sum_{i=1}^{N_{LB}} C_{DG_i} \times S_{DG_i,t,k} pf \sigma_{DG_i,t} \quad (3) \\ + \sum_{t=1}^T \beta(t) \sum_{k=1}^{N_{LL}} LD_k C_{SSk} \times Loss_k$$

که در آن IY متغیر نشان دهنده‌ی سال نصب، AC هزینه سالیانه، $S_{DG_i}^M$ ظرفیت DG ام، BK ظرفیت پشتیبان DG ، σ_{DG_i} متغیر نشان دهنده مکان DG ام، LD_k مدت زمان مربوط به سطح بار، C_{DG_i} هزینه نگهداری و بهره‌برداری DG ، $S_{DG_i,t,k}$ توان تامین شده توسط در سال t ام در سطح بار k در باس t ام، pf ضریب قدرت DG ، C_{SSk} هزینه تلفات شبکه، $Loss_k$ تلفات شبکه را نشان می‌دهند.

هنگامی IY توسط الگوریتم به عنوان سال نصب تعیین شود، هزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌تواند به وسیله ضریب β به زمان حاضر تبدیل شود:

$$\beta(IY_{DG_i}) = \frac{1}{(1+d)^{IY_{DG_i}}} \quad (4)$$

توابع OF_2 و OF_3 به ترتیب هزینه‌های سرمایه‌گذاری مربوط به نصب ترانسفورماتور جدید، تقویت فیدر بین باسهای ij و پارکینگ شارژ در شبکه را نشان می‌دهند و به صورت زیر فرمول بندی شده‌اند:

$$OF_2 = \sum_{t=1}^T \left(\sum_{l=1}^{N_{SS}} \sum_{u=1}^{N_U} \beta(IY_{l,u}) AC_{l,u} \sigma_{l,u,t} \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^{N_{LB}} \sum_{j=i+1}^{N_T} \beta(IY_{f,ij}) C_{ij} \sigma_{ij,t} \right) \quad (5) \\ + \sum_{t=1}^T \beta(t) \sum_{k=1}^{N_{LL}} LD_k C_{SSk} \sum_{l=1}^{N_{SS}} \sum_{u=1}^{N_U} S_{l,u} pf \sigma_{l,u,t}$$

$$OF_3 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_{LB}} \beta(IY_{CS_i}) AC_{CS_i} \times S_{CS_i}^M \times \sigma_{CS_i,t} \quad (6)$$

که در آن $AC_{l,u}$ نشان دهنده هزینه سالانه نصب ترانسفورمر، $\sigma_{l,u,t}$ نشان دهند وجود ترا نسفورمر u در ایستگاه l ، C_{ij} نشان دهنده هزینه تقویت فیدر بین باس ij ، $\sigma_{ij,t}$ متغیر باینری نشان دهنده نیاز به تقویت فیدر بین باس ij ام،

۱- تعیین ظرفیت، مکان بهینه تجهیزات سیستم توزیع، از جمله CS ها، DG ها، فیدرها و ترانسهای قدرت شبکه به صورت دینامیکی

۲- کاهش هزینه‌های فنی و مالی بهره‌برداری شبکه به صورت همزمان، با در نظر گرفتن قیود بهره‌برداری از شبکه توزیع، CS ها و DG ها

۳- ارائه برنامه مشخص برای توسعه شبکه با حضور درصد نفوذ بالای خودروهای الکتریکی

۴- بهینه سازی تابع هدف با در نظر گرفتن رشد مربوط به بارهای الکتریکی و خودروهای الکتریکی در شبکه

۲. فرمولبندی مسئله

در این بخش، فرمولبندی ریاضی مدل پیشنهادی ارائه شده است. تابع هدف (OF) و قیود شبیه سازی توضیح داده شده‌اند:

۲.۱. تابع هدف

به صورت مختصر، تابع هدف به صورت زیر قابل بیان است:

$$OF = OF_1 + OF_2 + OF_3 \quad (1)$$

قبل از بیان برخی جزئیات از اجزای تابع هدف، باید بیان کرد که هزینه سالانه (AC) معادل به صورت زیر محاسبه شده است:

$$AC = \frac{d \times CC}{1 - \frac{1}{(1+d)^{LT}}} \quad (2)$$

معادله (۲) هزینه سرمایه‌گذاری سالیانه یک تجهیز در واحد $\$/MVA$ توضیح می‌دهد مشروط بر اینکه هزینه سرمایه‌گذاری کلی (CC) بر مبنای $\$/MVA$ شناخته شده و بر اساس زمان زندگی (LT) و نرخ بهره (d) مشخص شده است. نتیجه (۲) باید به تابع هدف برای سال بکارگیری از تجهیز اضافه شود و هیچ نیازی به تبدیل آن به مقدار حال حاضر برای سال آینده وجود ندارد (در معادله در نظر گرفته شده است).

تابع OF_1 شامل هزینه‌های مربوط به تلفات سیستم قدرت، هزینه سرمایه‌گذاری، نگهداری و بهره‌برداری از DG را نشان می‌دهد که به صورت زیر قابل بیان است:

مکان CS مطابق رابطه زیر مشخص می‌شود:

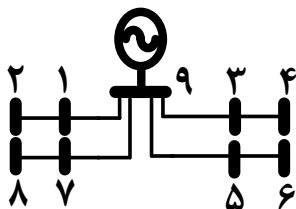
$$\sum_{j=1}^{N_{LB}} \sigma_{DG_i,t,j} = 1, \quad \forall i, j, t \quad (11)$$

۳. مطالعات عددی

۳.۱. فرضیات مسئله

شبکه استاندارد توزیع ۹ باس IEEE مطابق شکل ۱ به منظور ارزیابی تاثیر روش DSP پیشنهادی انتخاب شده است [۲۱]. این شبکه شامل یک ایستگاه ۱۳۲kV/۳۳kV با ظرفیت MVA ۴۰ و ۸ بار نقطه‌ای می‌باشد. منحنی بار شبکه مطابق با مرجع [۲۱] فرض شده است (شکل ۲). پارمترهای مربوط به شبکه، نوع و مشخصات ژنراتور، ظرفیت و هزینه تقویت فیدر، رشد بارهای شبکه مطابق با مرجع [۲۱] فرض شده است. مطابق با مرجع [۲۱] هزینه تعمیرات و بهره‌برداری برابر ۰.۸۹ M/MVA با نرخ بهره ۱۰ \$/MWh در نظر گرفته شده‌اند. برای هر DG یک ژنراتور پشتیبان با ظرفیت ۱ MVA در هر باس فرض شده است. دو ترانسفورماتور ۱۰ MVA برای نصب در ایستگاه شبکه با هزینه ۰.۲ \$M وجود دارند. مشابه مرجع [۲۱] نرخ بهره برابر ۱۲.۵٪ فرض شده است. مدت زمان برنامه ریزی برابر ۴ سال فرض شده است. بر مبنای [۵] ماکزیمم نرخ شارژ خودروهای الکتریکی برابر ۱۱ kW و ماکزیمم توان خروجی از CSها ۱ MW می‌باشند. فرض شده است که در اولین سال افق برنامه ریزی، ماکزیمم تعداد خودروهای الکتریکی ۱۰۰ است، که هر سال ۳.۵٪ افزایش می‌یابد. هزینه سرمایه‌گذاری ایستگاه‌های شارژ برابر ۲ MS و با نرخ بهره ۱۴ درصد فرض شده‌اند. مسئله بهینه‌سازی به صورت یک مسئله غیر خطی ترکیب با عدد صحیح (MINLP) در نظر گرفته شده و با استفاده از الگوریتم SBB در نرم افزار GAMS حل شده است.

ایستگاه



۲.۱. قیود شبکه

ولتاژهای نقاط بار سیستم و فلووی خطوط شبکه توزیع با حل مسئله‌ی بهینه‌سازی باید در بازه‌ی مجاز باشند. این محدودیت‌ها به صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند:

$$S_{DG_i,t,k} \times pf + P_g^t = \sum_{j=1}^{N_{LB}} D_j^t + \sum_{ij=1}^{N_f} P_{ij}^t \quad (5)$$

$$Q_{DG_i}^t + Q_g^t = \sum_{j=1}^{N_{LB}} Q_j^t + \sum_{nj=1}^{N_f} Q_{nj}^t \quad (6)$$

$$P_j^t = \sum_{i=1}^{N_{LB}} |Y_{ji} V_j^t V_i^t \cos(\theta_{ji} + \delta_i^t - \delta_j^t)| \quad (7)$$

$$Q_j^t = -\sum_{i=1}^{N_{LB}} |Y_{ji} V_j^t V_i^t \sin(\theta_{ji} + \delta_i^t - \delta_j^t)| \quad (8)$$

$$0.95 \leq V_i^t \leq 1.05 \quad (9)$$

که در آن Q_g^t توان راکتیو ورودی از شبکه اصلی، Y_{ji} و θ_{ji} به ترتیب ادمیتانس و زاویه ادمیتانس بین باسبارهای j و i ، ولتاژ و زاویه‌ی باسبار i در سال t می‌باشند.

معادله‌های (۵) - (۸) تعادل بار و تولید و همچنین پخش بار اکتیو و راکتیو بین خطوط را نشان می‌دهند. در این مقاله مطابق با استانداردهای بسیاری از شبکه‌های توزیع در سراسر دنیا درصد تخطی از ولتاژ نامی باس‌ها حداکثر ۵ درصد مطابق معادله (۹) فرض شده است.

ج) قید CS: ماکزیمم ظرفیت ایستگاه شارژ ($P_{CSi_{max}}$) برای هر CS_i باید به صورت زیر محدود شود:

$$0 \leq S_{CS_i,t,k} \times pf \leq P_{CSi_{max}} \times \sigma_{DG_i,t,j}, \quad \forall j, t, i \quad (10)$$

که در آن $\sigma_{DG_i,t,j}$ متغیر باینری نشان دهنده‌ی مکان و ماکزیمم ظرفیت CS نام را نشان می‌دهند.

مکان CS مطابق رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{N_{LB}} \sigma_{CS_i,t,j} = 1, \quad \forall i, j, t \quad (11)$$

د) قید DG: ماکزیمم ظرفیت منبع تولید پراکنده ($P_{DGi_{max}}$) برای هر DG_i باید به صورت زیر محدود شود:

$$0 \leq S_{DG_i,t,j} \times pf \leq P_{DGi_{max}} \times \sigma_{DG_i,t,j}, \quad \forall j, t, i \quad (10)$$

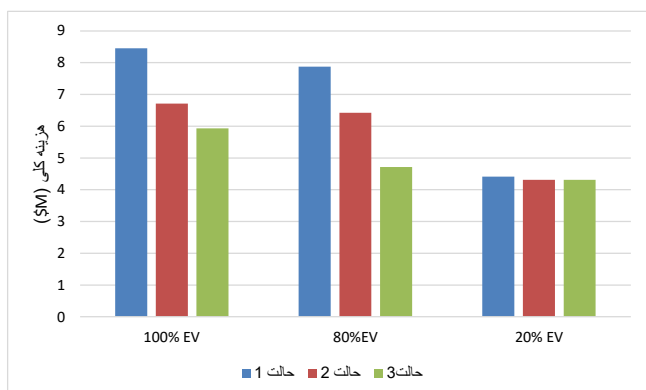
که در آن $\sigma_{DG_i,t,j}$ متغیر باینری نشان دهنده‌ی مکان و ماکزیمم ظرفیت DG نام را نشان می‌دهند.

شبیه سازی هزینه کلی در شکل ۳ در حالات مختلف نشان نشان داده شده‌اند. می‌توان از شکل ۳ مشاهده کرد که افزایش تعداد خودروهای الکتریکی موجب افزایش کلی هزینه سیستم می‌شود. می‌توان از شکل ۳ نتیجه گرفت که کاهش خودروهای الکتریکی موجب نزدیک شده هزینه‌های کلی سیستم به یکدیگر در حالات مختلف می‌شوند.

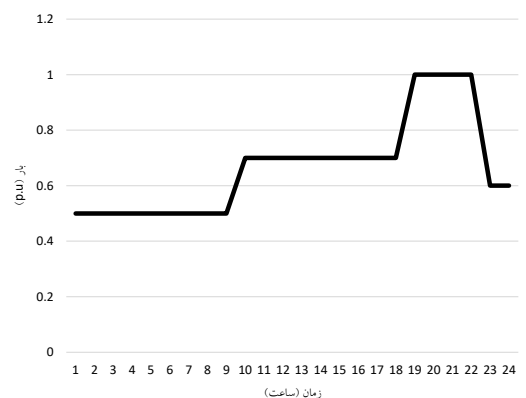
جدول ۱: نتایج شبیه سازی DSP پیشنهادی در سناریوهای مختلف در دوره

برنامه ریزی

حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
۵,۹۲۹	۶,۷۰۹	۸,۴۵۲	هزینه توسعه کلی (M\$)
۱,۳	۲,۳	۲,۵۶	هزینه کلی تلفات (M\$)
۰,۱۷۵	۰,۱۷۵	۰,۲۲۳	هزینه توسعه ترانسفورماتور ایستگاه
۰	۳,۲	۴,۲۸۵	هزینه فیدر (M\$)
۱,۰۳۴	۱,۰۳۴	۱,۳۸۴	هزینه ایستگاه شارژ (M\$)
۳,۴۲	۰	۰	هزینه DG (M\$)
۰,۱(۱) ۳(۴),۷(۱)	۳(۴),۷(۱),۱(۱)	۸(۱) ۶(۱),۵(۱)	مکان(سال)
۰,۹۹۰(۱)	۰,۹۹۰(۱)	۰,۹۹۰(۱)	CS
(۴),۰,۴۹۵(۱) ۰,۲۹۷	(۴),۰,۴۹۵(۱) ۰,۲۹۷	(۱),۰,۹۹۰(۱) ۰,۲۷۵	ظرفیت(سال)
۷(۱),۲(۱) ۳(۴),	-	-	مکان(سال)
۲(۱),۱(۱) ۴(۴),	-	-	ظرفیت(سال)
			DG



شکل ۱: شبکه ۹ باس IEEE



شکل ۲: منحنی بار شبکه در حالت پرونیته.

به منظور تصدیق روش پیشنهادی حالت‌های زیر در نظر گرفته شده‌اند:

حالت ۱: حداقل کردن هزینه کلی شبکه بدون تعیین مکان و ظرفیت بهینه ایستگاه‌های شارژ با صرف نظر از وجود DGها.

حالت ۲: حداقل کردن هزینه کلی شبکه با تعیین مکان و ظرفیت بهینه ایستگاه‌های شارژ با صرف نظر از وجود DGها.

حالت ۳: حداقل کردن هزینه کلی شبکه با تعیین مکان و ظرفیت بهینه ایستگاه‌های شارژ و DGها.

نتایج حداقل سازی توابع هدف در جدول و شکل نشان داده شده‌اند. تغییرات پروفیل ولتاژ در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

می‌توان از جدول ۱ مشاهده کرد که افزایش هزینه کلی از نتایج نصب ایستگاه شارژ بدون در نظر گرفتن DGها حاصل شده‌اند. در طرف مقابل برنامه بهینه سازی همزمان ایستگاه‌های شارژ می‌تواند هزینه کلی شبکه را کاهش دهد. علاوه بر این نشان داده شده که در حالت بهینه سازی همزمان ایستگاه شارژ و DG تلفات قدرت نسبت به حالات دیگر بهبود پیدا کرده است. در حالت اول نیاز به نصب ۲ ترانسفورمر با ۱۰۰ درصد استفاده از ظرفیت و با تقویت بعضی از فیدرهای شبکه می‌باشد، در حالی که در حالت‌های بعد به نصب یک ترانسفورمر با ظرفیت ۱۰۰ درصد و دیگری ۵۰ درصد می‌باشد.

۳,۱. آنالیز حساسیت

در این بخش، تابع هدف پیشنهادی از طریق در نظر گرفتن ۲۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ درصد نفوذ خودروهای الکتریکی حداقل شده است. در حالت ۱۰۰٪ تعداد خودروهای الکتریکی همانند قسمتهای قبل فرض شده است. نتایج

شکل ۳: هزینه کلی شبکه در حالات مختلف شبیه سازی.

۴. نتیجه گیری

ظهور خودروهای الکتریکی و منابع تولید پراکنده چالش‌های جدیدی برای بهره‌برداران شرکت‌های توزیع بوجود آورده است. در این مقاله یک روش دینامیکی با در نظر گرفتن متغیرهای وابسته به سال پیشنهاد شد. هزینه‌های کلی سیستم با در نظر گرفتن قیود پخشبار، قیود مربوط به ایستگاه‌های شارژ و منابع تولید پراکنده حداقل شد.

نتایج شبیه سازی نشان دادند که به منظور کاهش هزینه کلی شبکه تعیین همزمان مکان و ظرفیت ایستگاه‌های شارژ ضروری است. در این حالت تلفات شبکه، هزینه‌های مربوط به تقویت فیدرها، سرمایه گذاری شبکه حداقل شده و در نتیجه موجب کاهش هزینه‌های کلی شبکه شده است. علاوه بر این، نتایج توضیح دادند با افزایش تعداد خودروهای الکتریکی در شبکه نیاز به افزایش سرمایه گذاری برای توسعه شبکه می‌باشد. مطابق نتایج شبیه سازی، مکان بهینه منابع تولید پراکنده در نزدیک ترین فاصله الکتریکی به ایستگاه‌های شارژ می‌باشد.

منابع

- vehicles,” *J. Power Sources*, vol. 240, pp. 515–524, 2013.
- [9] Z. Liu, F. Wen, and G. Ledwich, “Optimal planning of electric-vehicle charging stations in distribution systems,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 28, no. 1, pp. 102–110, 2013.
- [10] W. Yao *et al.*, “A multi-objective collaborative planning strategy for integrated power distribution and electric vehicle charging systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 29, no. 4, pp. 1811–1821, 2014.
- [11] A. S. Masoum, S. Deilami, P. S. Moses, M. A. S. Masoum, and A. Abu-Siada, “Smart load management of plug-in electric vehicles in distribution and residential networks with charging stations for peak shaving and loss minimisation considering voltage regulation,” *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 5, no. 8, pp. 877–888, Aug. 2011.
- [12] S. Deilami, A. S. Masoum, P. S. Moses, and M. A. S. Masoum, “Real-time coordination of plug-in electric vehicle charging in smart grids to minimize power losses and improve voltage profile,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 2, no. 3, pp. 456–467, Sep. 2011.
- [13] A. Hajimiragha, C. A. Canizares, M. W. Fowler, and A. Elkamel, “Optimal transition to plug-in hybrid electric vehicles in Ontario, Canada, considering the electricity-grid limitations,” in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2010, vol. 57, no. 2, pp. 690–701.
- [14] G. Wang, Z. Xu, F. Wen, and K. P. Wong, “Traffic-constrained multiobjective planning of electric-vehicle charging stations,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 28, no. 4, pp. 2363–2372, 2013.
- [15] L. Pieltain Fernández, T. Gómez San Román, R. Cossent, C. Mateo Domingo, and P. Frías, “Assessment of the impact of plug-in electric vehicles on distribution networks,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 26, no. 1, pp. 206–213, Feb. 2011.
- [16] W. D. Xie and W. Luan, “Modeling and simulation of public EV charging station with power storage system,” in *2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering, ICEICE 2011 - Proceedings*, 2011, pp. 2346–2350.
- [17] L. Jia, Z. Hu, Y. Song, and Z. Luo, “Optimal siting and sizing of electric vehicle charging stations,” in *2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, IEVC 2012*, 2012.
- [18] M. Singh, P. Kumar, and I. Kar, “A multi charging station for electric vehicles and its utilization for load management and the grid support,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 2, pp. 1026–1037, 2013.
- [19] H. L. Li, X. M. Bai, and W. Tan, “Impacts of plug-in hybrid electric vehicles charging on distribution grid and smart charging,” in *2012 IEEE International Conference on Power System Technology, POWERCON 2012*, 2012.
- [20] M. Singh, P. Kumar, and I. Kar, “Implementation of vehicle to grid infrastructure using fuzzy logic controller,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 1, pp. 565–577, Mar. 2012.
- [21] E. Naderi, H. Seifi, and M. S. Sepasian, “A Dynamic Approach for Distribution System Planning Considering Distributed Generation,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 27, no. 3, pp. 1313–1322, Jul. 2012.
- [1] “Plug in Electric Vehicle Hand Book for Public Charging Stations Hosts - Alternative Fuels Data Center Search Results.” [Online]. Available: <https://search.usa.gov/>
- [2] B. M. Marshall, J. C. Kelly, T. K. Lee, G. A. Keoleian, and Z. Filipi, “Environmental assessment of plug-in hybrid electric vehicles using naturalistic drive cycles and vehicle travel patterns: A Michigan case study,” *Energy Policy*, vol. 58, pp. 358–370, Jul. 2013.
- [3] W. Kempton and J. Tomić, “Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy,” *J. Power Sources*, vol. 144, no. 1, pp. 280–294, Jun. 2005.
- [4] K. Qian, C. Zhou, M. Allan, and Y. Yuan, “Modeling of load demand due to EV battery charging in distribution systems,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 26, no. 2, pp. 802–810, May 2011.
- [5] P. J. Tulpule, V. Marano, S. Yurkovich, and G. Rizzoni, “Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station,” *Appl. Energy*, vol. 108, no. Supplement C, pp. 323–332, 2013.
- [6] Z. F. Liu, W. Zhang, X. Ji, and K. Li, “Optimal planning of charging station for electric vehicle based on particle swarm optimization,” in *2012 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia, ISGT Asia 2012*, 2012.
- [7] B. Deng and Z. Wang, “Research on electric-vehicle charging station technologies based on smart grid,” in *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC*, 2011.
- [8] L. Zhang, T. Brown, and S. Samuelsen, “Evaluation of charging infrastructure requirements and operating costs for plug-in electric