دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه قدرت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش قدرت - ماشین

تعیین حداکثر میزان نفوذ تولیدات پراکنده در سیستم‌های قدرت با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف بار

نگارش:

امیر حبیبی

استاد راهنما:

دکتر مجید نیری‌پور

استاد مشاور:

دکتر طاهر نیکنام

بهمن ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تعیین حداکثر میزان نفوذ تولیدات پراکنده در سیستم‌های قدرت با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف بار

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

توسط:

امیر حبیبی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه قدرت دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: عالی

دکتر مجید نیری‌پور، دانشیار در رشته مهندسی برق قدرت (استاد راهنما)

دکتر طاهر نیکنام، دانشیار در رشته مهندسی برق قدرت (استاد مشاور)

دکتر محمد مردانه، استادیار در رشته مهندسی برق قدرت (داور)

دکتر بهروز صفری‌نژادیان، استادیار در رشته مهندسی برق کنترل (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب امیر حبیبی دانشجوی رشته مهندسی برق-قدرت مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۸۹۱۱۴۰۳۰

تأیید می نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: امیر حبیبی

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر مجید نیری‌پور

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

پدری مهربان و مادری دلسوز

بخاطر حمایت‌ها، تشویق‌ها و سخت‌گیری‌هایشان

آنان که سهمشان تنها خون دل بود، تا فرزندشان هرگز فراموش نکند که هرآنچه دارد و هرآنچه خواهد داشت پیش از خود از آن ایشان است.

تشکر و قدردانی:

اکنون که این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می دانم که از استاد ارجمند جناب آقای دکتر نیری پور که در طول این دو سال همواره با پشتیبانی ها و راهنمایی هایشان حامی و مشوق بنده بوده اند، سپاسگزاری و قدردانی نمایم.

همچنین از زحمات اساتید محترم دانشگاه صنعتی شیراز به خصوص جناب آقای دکتر جمشید آقایی که اینجانب را در امر تحصیل یاری کردند و مطالب فراوانی را به اینجانب آموختند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

تعیین حداکثر میزان نفوذ تولیدات پراکنده در سیستم‌های قدرت با در نظر گرفتن مدل‌های مختلف بار

به وسیله‌ی:
امیر حبیبی

نفوذ واحدهای تولید پراکنده[1] در شبکه توزیع رو به افزایش می‌باشد و انتظار می‌رود تولیدات پراکنده نقش کلیدی در سیستم‌های قدرت و بازار رقابتی برق داشته باشد. هنگامی که ضریب نفوذ تولیدات پراکنده در شبکه توزیع پایین می‌باشد مشکل خاصی در شبکه پیش نمی‌آید. اما هنگامی که ضریب نفوذ تولیدات پراکنده بالا می‌رود نیاز مبرمی به برنامه‌ریزی مناسب اتصال تولیدات پراکنده و توجهات ویژه می‌باشد. از این رو در این پایان‌نامه یک مسئله چند هدفه با استفاده از راهکار پرتو برای انتخاب نوع، مکان، مقدار و زمان سرمایه‌گذاری تولیدات پراکنده ارائه شده است. توابع هدف مورد نظر در مسئله، سه دسته تابع هدف فنی، اقتصادی و محیط زیستی می‌باشند. طرح‌های کنترلی هوشمند[2] نیز که انتظار می‌رود بخشی از شبکه‌های هوشمند آینده باشند، برای حصول جواب‌های بهتر در مسئله به کار گرفته شده‌اند. قیود اعمال شده در مسئله، محدودیت ولتاژ فیدرها، بارگذاری فیدرها و سطح اتصال کوتاه شبکه می‌باشد. به علاوه برای داشتن یک مدل دقیق و قابل پیاده‌سازی از مدل بارهای وابسته به ولتاژ استفاده شده است. برای حل مسئله بهینه‌سازی چندهدفه از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات[3] استفاده شده است و جواب نهایی نیز با استفاده از روش فازی انتخاب می‌گردد. مدل ارائه شده بر روی دو شبکه توزیع شعاعی استاندارد مورد آزمایش قرار می‌گیرد و شبیه‌سازی‌ها و برنامه‌نویسی‌ها در نرم‌افزار قدرتمند DIgSILENT® PowerFactory انجام می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تولیدات پراکنده، شبکه توزیع، بارهای وابسته به ولتاژ، طرح‌های کنترلی هوشمند.

---

1 Distributed Generation
2 Smart Control Schemes
3 Particle Swarm Optimization

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های قدرت ۲

۱-۲- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق ۳

۱-۳- اهداف تحقیق ۵

۱-۴- بخش‌های پایان‌نامه ۶

۲.فصل دوم:مروری بر تحقیقات انجام شده **۷**

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- مروری بر ادبیات موضوع ۸

۳.فصل سوم: تولیدات پراکنده **۱٤**

۳-۱- مقدمه ۱۵

۳-۲- تعریف تولیدات پراکنده ۱۵

۳-۳- دلایل استفاده از تولیدات پراکنده ۱۶

۳-۴- فن‌آوری‌های تولیدات پراکنده ۱۸

۳-۵- انواع تولیدات پراکنده ۲۰

۳-۵-۱- توربین گازی ۲۰

۳-۵-۲- میکرو توربین ۲۲

۳-۵-۳- پیل سوختی ۲۳

۳-۵-۶- توربین بادی ۲۷

۳-۵-۷- واحدهای آبی کوچک ۲۹

۳-۵-۸- فتوولتائیک خورشیدی ۳۰

۳-۵-۹- زیست توده ۳۳

۳-۶- مسائل و محدودیتهای تولیدات پراکنده ۳۴

۳-۷- تأثیر تولیدات پراکنده ۳۵

۳-۷-۱- تلفات توان ۳۶

۳-۷-۲- پروفیل ولتاژ ۳۶

۳-۷-۳- کیفیت توان ۳۷

۳-۷-۴- ولتاژ اضافی ۳۷
۳-۷-۵- نوسانات ولتاژ ۳۷
۳-۷-۶- قابلیت اطمینان ۳۸

٤.فصل چهارم: روش پیشنهادی حل مسئله **۳۹**
۴-۱- مقدمه ۴۰
۴-۲- طرحهای کنترل هوشمند ۴۰
۴-۲-۱- کنترل ولتاژ هماهنگ ۴۱
۴-۲-۲- کنترل ضریب توان ۴۱
۴-۲-۳- کاهش انرژی ۴۲
۴-۳- داده‌های ورودی ۴۲
۴-۴- قیود ۴۶
۴-۴-۱- معادلات پخش بار ۴۶
۴-۴-۲- محدودیت بهره‌برداری از تولیدات پراکنده ۴۶
۴-۴-۳- محدودیت سطح اتصال کوتاه ۴۷
۴-۴-۴- محدودیت ولتاژ OLTC ۴۷
۴-۴-۵- محدودیت مقدار انرژی کاهش یافته ۴۷
۴-۴-۶- کنترل ضریب توان ۴۸
۴-۴-۷- رضایتمندی فنی فازی ۴۸
۴-۵- توابع هدف ۵۰
۴-۶- روش حل چند هدفه ۵۱
۴-۶-۱- الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات ۵۱
۴-۶-۲- استراتژی چند هدفه ۵۲
۴-۶-۳- روش حل مسئله ۵۳

۵.فصل پنجم: نتایج شبیه سازی و بحث در مورد آنها **٥٦**
۵-۱- مقدمه ۵۷
۵-۲- شبکه اول ۵۷
۵-۲-۱- سناریوی اول ۵۸
۵-۲-۲- سناریوی دوم ۶۱
۵-۳- شبکه دوم ۶۵
۵-۳-۱- ارزیابی مدلهای بار ۶۹

۵-۳-۲- طرحهای کنترلی هوشمند ۷۰
۵-۳-۳- مفهوم زمانی سرمایه‌گذاری ۷۲

٦.فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادها **۷٦**
۶-۱- نتیجه‌گیری کلی ۷۷
۶-۲- راهکارهای پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده ۷۸

مراجع **۷۹**

پیوست‌ها **۸۳**

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ توربین و ژنراتور گازی ساده ۲۱
شکل ۳-۲ توربین گازی ۲۱
شکل ۳-۳ میکروتوربین ۲۳
شکل ۳-۴ تبدیل انرژی درپیل سوختی و مقایسه آن با سیستمهای احتراقی ۲۴
شکل ۳-۵ پیل سوختی از نوع تبادل غشایی ۲۵
شکل ۳-۶ توربین بادی ۳ مگاواتی ۲۸
شکل ۳-۷ منحنی توان توربین ۳ مگاواتی ۲۹
شکل ۳-۸ یک سیستم میکروهیدرو نمونه ۳۰
شکل ۳-۹ مشخصات فتوولتاییک ۳۲
شکل ۳-۱۰ ماژول فتوولتاییک ۳۲
شکل ۳-۱۱ ژنراتور زیست توده ۳۳
شکل ۴-۱ مدل بار و قیمت چند سطحی و در نظر گرفتن عدم قطعیت ۴۳
شکل ۴-۲ فلوچارت الگوریتم ارائه شده ۵۵
شکل ۵- ۱ شبکه ۳۳ شینه ۵۷
شکل ۵- ۲ مدلسازی بار و قیمت الکتریسیته در سناریوی اول ۵۸
شکل ۵- ۳ منحنی سطح پرتو برای سناریو اول ۵۹
شکل ۵-۴ پروفیل ولتاژ در آخرین سال ۶۰
شکل ۵- ۵ بارگذاری خطوط در آخرین سال ۶۱
شکل ۵- ۶ سطح بار روزانه ۶۲
شکل ۵- ۷ سطح قیمت انرژی الکتریسیته روزانه خریداری شده ۶۲
شکل ۵-۸ سطح بهینه پرتو برای بار خانگی با ضریب توان مختلف ۶۳
شکل ۵-۹ پروفیل ولتاژ بارهای خانگی در سطح بارهای مختلف ۶۴
شکل ۵-۱۰ شبکه ۶۹ شینه ۶۶
شکل ۵- ۱۱سطح پرتو بهینه با در نظر گرفتن مدل بارها ۷۰
شکل ۵- ۱۲ سطح پرتو بهینه بدست آمده با روش به کارگیری طرحهای کنترلی هوشمند ۷۱
شکل ۵- ۱۳ سطح پرتو به دست آمده برای مدل F ۷۲

شکل ۵- ۱۴ مقایسه سرمایه گذاری سالیانه ۷۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱ : مدل بارها ۴۴
جدول ۵- ۱ اطلاعات استفاده شده در سناریوی اول ۵۹
جدول ۵- ۲ محدوده توابع هدف در سناریو اول ۶۰
جدول ۵- ۳ خلاصه نتایج ۶۴
جدول ۵-۴ مشخصات توربین بادی ۶۵
جدول ۵- ۵ حالتهای مختلف توان خروجی در توربین بادی ۶۷
جدول ۵- ۶ مقادیر پیش‌بینی شده سطوح بار و قیمت برق خریداری شده ۶۸
جدول ۵- ۷ اطلاعات مورد استفاده در شبیه‌سازی ۶۸
جدول ۵- ۸ انواع تولیدات پراکنده استفاده شده ۶۹
جدول ۵- ۹ مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی ۶۹
جدول ۵- ۱۰ مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی ۷۱
جدول ۵- ۱۱ مقایسه مدل مطرح شده با مدلهای دیگر ۷۳
جدول ۵- ۱۲ محدوده توابع هدف در مدل F ۷۴
جدول ۵- ۱۳ سرمایه‌گذاری‌های سالیانه ۷۴
جدول ۵- ۱۴ مقدار اتصال کوتاه در مدلهای مختلف ۷۵
جدول الف-۱ اطلاعات شبکه ۳۳ شینه ۸۴
جدول الف-۲ داده‌های شبکه ۶۹ شینه ۸۵

فهرست نشانه‌های اختصاری

نرخ بازگشت	d
عامل آلودگی شبکه/تولیدات پراکنده	$E_{grid/dg}$
درصد بار الکتریکی در سطح بار ll، حالت s	$ED_{ll,s}$
رشد سالیانه بار	g
هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از واحد تولید پراکنده	IC_{dg}, OC_{dg}
مقادیر بالایی محدوده امن و بحرانی گرمایی خطوط	$\overline{I}_{l,s}, \overline{I}_{l,c}$
جریان اتصال کوتاه	$I^{cc}_{y,ll,s}$
بیشترین جریان مجاز اتصال کوتاه	$I^{cc}_{\max}$
مجموع شین‌های شبکه	N_T
مجموع تعداد خطوط شبکه	N_l
مجموع تعداد جمعیت	N_p
تعداد توابع هدف	N_o
توان اکتیو در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$P^D_{i,y,ll,s}$
نقطه کار توان اکتیو بار در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$P^D_{0i,y,ll,s}$
درصد قیمت برق خریداری شده در سطح بار ll، حالت s	$PP_{ll,s}$
توان نامی توربین بادی	$P^w_{i,r}$
احتمال سرعت باد در حالت s	p^w_s
احتمال قیمت برق در حالت s	p^λ_s
احتمال بار در حالت s	p^l_s
احتمال ترکیب حالات s	p^c_s
توان راکتیو در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$Q^D_{i,y,ll,s}$
نقطه کار توان راکتیو بار در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$Q^D_{0i,y,ll,s}$
توان ظاهری بار در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$S^D_{i,y,ll,s}$
توان ظاهری واحد تولیدات پراکنده نصب شده در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$S^{dg}_{i,y,ll,s}$
نارضایتی فنی در سال y	TD_y

مجموع هزینه سرمایه‌گذاری واحدهای تولیدات پراکنده	$TIDG$
مجموع هزینه بهره‌برداری از واحدهای تولیدات پراکنده	$TODG$
مجموع برق خریداری‌شده از شبکه	TGC
مقادیر بالایی و پایینی عملکرد امن ولتاژ شین‌ها	$\overline{V}_{i,s}, \underline{V}_{i,s}$
مقادیر بالایی و پایینی عملکرد بحرانی ولتاژ شین‌ها	$\overline{V}_{i,c}, \underline{V}_{i,c}$
بیشترین و کمترین مقدار مجاز ولتاژ ثانویه ترانس	$\overline{V}^{oltc}_{y,ll,s} / \overline{V}^{oltc}_{y,ll,s}$
ولتاژ ثانویه OLTC در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$V^{oltc}_{y,ll,s}$
سرعت نامی توربین بادی	v_{rated}
سرعت cut-in توربین بادی	v^{c}_{in}
سرعت cut-out توربین بادی	v^{c}_{out}
سرعت باد در حالت s	v_s
مدت زمان برنامه‌ریزی	Y
زاویه ولتاژ در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$\delta_{i,y,ll,s}$
تابع عضویت رضایت‌مندی ولتاژ در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$\mu^{V}_{i,y,ll,s}$
تابع عضویت رضایت‌مندی ولتاژ در شین i، سال y	$\mu^{V}_{i,y}$
تابع عضویت رضایت‌مندی ولناژ در سال y	μ^{V}_{y}
محدودیت حرارتی خط l در سال yسطح بار ll، حالت s	$\mu^{I}_{l,y,ll,s}$
محدودیت حرارتی خط l در سال y	$\mu^{I}_{l,y}$
محدودیت حرارتی خطوط در سال y	μ^{I}_{y}
پیک قیمت برق خریداری شده از شبکه	ρ
زاویه ضریب قدرت واحد تولید پراکنده در نصب شده در شین i، سال yسطح بار ll، حالت s	$\varphi^{dg}_{i,y,ll,s}$
زاویه ضریب قدرت واحد تولید پراکنده در نصب شده	$\bar{S}^{dg}_{lim}$

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های قدرت

در دهه گذشته، با توجه به رشد سریع بار، استفاده از واحدهای تولید توان مقیاس کوچک مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. به این واحدهای تولید توان، تولیدات پراکنده[1] گفته می‌شود [۱].

تعریفی که در حال حاضر از تولیدات پراکنده به عنوان منبع تولید برق مقیاس-کوچک ارائه می-شود، مفهوم نسبتا جدیدی است که در ادبیات اقتصادی در مورد بازار برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما ایده اصلی استفاده از آن‌ها جدید نمی‌باشد. در زمان‌های ابتدایی تولید برق، تولیدات پراکنده به عنوان گزینه اصلی مورد استفاده قرار می‌گرفتند و به عنوان یک گزینه مطرح نبودند. نیروگاه‌های اولیه، انرژی برق را برای مصرف‌کنندگان حوالی خود فراهم می‌کردند. شبکه‌های اولیه در حالت DC کار می‌کردند و در نتیجه تامین ولتاژ شبکه با مشکلاتی روبرو بود. حفظ تعادل مصرف و تولید، توسط ذخیره کننده‌های محلی مانند باتری‌ها انجام می‌شد که به صورت مستقیم به شبکه متصل می‌شدند. با تکامل فن‌آوری، مانند ظهور شبکه‌های AC، قابلیت انتقال انرژی الکتریکی به مسافت‌های دورتر فراهم گردید. به علاوه، افزایش ظرفیت خروجی واحدهای تولید توان توجیه اقتصادی پیدا کرد. این موارد منجر به تولید توان با هزینه کمتر گردید که به نوبه خود منجر به ظهور شبکه‌های عظیم شامل شبکه‌های عظیم انتقال و توزیع و نیروگاه‌های بزرگ تولید توان گردید. حفظ تعادل بین تولید و مصرف به وسیله ترکیب تعداد زیادی از بارهای متغیر انجام می‌گرفت. امنیت تولید انرژی نیز افزایش یافته بود به طوری که با خروج یک نیروگاه، نیروگاه‌های دیگر توان از دست رفته را جبران می‌کردند.

در دهه گذشته با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژی، تغییرات در اقتصاد و نگرانی‌ها در مورد محیط زیست منجر به توجه دوباره به تولیدات پراکنده شده است. آژانس بین‌المللی انرژی[2] این موضوع را تایید کرده و پنج عامل اصلی در وقوع این تحول را به شرح زیر بیان می‌کند [۱]:

- پیشرفت‌های تکنولوژیکی در تولیدات پراکنده
- محدودیت ساخت خطوط انتقال جدید

[1] Distributed Generation

[2] International Energy Agency (IEA)

- افزایش تقاضا برای برق با قابلیت اطمینان بالا
- آزاد شدن بازار برق
- نگرانی‌ها در مورد محیط زیست

به علاوه، زیرساخت‌های سیستم‌های قدرت فعلی به سمت منابع تولید انرژی پاک و بی‌پایان می‌روند به طوری که انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی بادی و خورشیدی، به گزینه‌های بسیار مناسبی برای تولید توان در سرتاسر جهان تبدیل شده‌اند.

شبکه‌های توزیع شعاعی[1] در مناطق روستایی یا شهری، یا شبکه‌های مشبک[2] در مناطق شهری به طور کلی بدون در نظر گرفتن تولید انرژی برق در شبکه توزیع یا در سمت مصرف‌کننده طراحی شده‌اند و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. دلیل این امر این است که سال‌ها، زیرساخت‌های موجود سیستم قدرت و موسسات بر روی سیستم‌های قدرت مبتنی بر تولیدات متمرکز و بدون در نظر گرفتن تولیدات پراکنده صورت گرفته است. از این رو نیاز مبرمی به مدلی برای اتصال مناسب تولیدات پراکنده می‌باشد که در آن بتوان انواع تولیدات پراکنده همراه با عدم قطعیت ورودی‌های مسئله را در نظر گرفت.

۱-۲- ضرورت و انگیزه انجام تحقیق

تجدید قوانین در صنعت سیستم‌های قدرت منجر به ایجاد تغییرات بزرگی در برنامه‌ریزی و بهره-برداری از سیستم‌های عظیم قدرت و هم‌چنین شبکه توزیع شده است. هدف اصلی این تغییرات افزایش بازده انرژی می‌باشد. معرفی بازارهای رقابتی برق اولین گام به سوی تحقق افزایش بازده انرژی می‌باشد. به دنبال آن، شرکت‌های توزیع خصوصی[3] تمایل به تامین توان مورد نیاز مشتریان خود به اقتصادی‌ترین حالت ممکن می‌باشند به صورتی که تامین بار دارای کیفیت قابل قبول نیز باشد. همچنین شرکت‌های توزیع تمایل به استفاده از فن‌آوری‌های جدید و گزینه‌های دیگر برای تامین توان مورد نیاز مشتریان خود دارند [۲].

[1] Radial Distribution Networks

[2] Network-type Systems

[3] Distribution companies