



دانشگاه زنجان  
دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: بررسی تاثیر اتصال نیروگاه خالص سازان به شبکه توزیع و فوق

توزیع مجاور

استاد راهنما: دکتر اوجاقی

نگارش: ایازی فاعمه

اردیبهشت 93

## فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

مقدمه ..... 1

### فصل 1 معرفی کلیه ی نیروگاه های پراکنده

1-1-1 تعریف تولید پراکنده ..... 6

1-2-1 مزایا و معایب تولید پراکنده ..... 6

1-3-1 کاربرد های تولید پراکنده ..... 8

1-4-1-4 تقسیم بندی های مختلف تولید پراکنده ..... 9

1-4-1-1 دوره تغذیه و انواع توان تولیدی ..... 9

1-4-1-2 ظرفیت های تولید پراکنده ..... 10

1-4-1-3 نوع توان تولید شده ..... 11

1-4-1-4 تکنولوژی ..... 11

1-5-1 انواع تولید پراکنده ..... 12

1-5-1-1 توربین های گازی احتراقی ..... 13

1-5-1-2 توربین های کوچک ..... 14

1-5-1-3 سلول سوختی ..... 16

1-5-1-4 توربین های بادی ..... 17

1-5-1-5 شبکه های فتوولتائیک ..... 20

1-5-1-6 وسایل ذخیره انرژی ..... 22

1-5-1-7 نیروگاه های انرژی جدر و مد ..... 23

1-5-1-8 نیروگاه های ترموالکتریک ..... 23

1-5-1-9 نیروگاه های بیوماس ..... 24

10-5-1- نیروگاه های مبدل انرژی خورشیدی - حرارتی - الکتریکی ..... 25

11-5-1- نیروگاه تولید همزمان برق ، گرما ، سرما (CHCP) ..... 26

12-5-1- نیروگاه های آبی کوچک Smal Hydro ..... 27

13-5-1- دیزل ژنراتور ..... 28

14-5-1- موتور های رفت و برگشتی ..... 28

## فصل 2 معرفی نیروگاه خالص سازان و قطعات آن

1-2- معرفی نیروگاه 21/2 مگاواتی خالص سازان ..... 30

2-2- سیستم کنترل موتور WARTSILA ..... 43

1-2-2- واحد کنترلی اصلی (MCU) ..... 44

2-2-2- واحد کنترل پراکنده (DCU) ..... 45

3-2-2- واحد کنترل سیلندر (CCU) ..... 46

4-2-2- واحد تشخیص ضربه (KDU) ..... 47

5-2-2- پارامتر های کنترل موتور مطابق نقشه موتور ..... 48

3-2- سیستم سوخت رسانی ..... 51

4-2- اینترکولر ..... 56

5-2- توربوشارژر ..... 57

6-2- سیستم تحریک جریان متناوب ..... 59

7-2- رله ی بررسی سنکرون چهارگانه و سنکرونسکوپ LED ..... 61

1-7-2- عملکرد رله ی بررسی سنکرون سازی ..... 62

2-7-2- عملکرد رله سنکرون سازی برای باس بدون ولتاژ ..... 63

3-7-2- عملکرد سنکرونسکوپ ..... 63

4-7-2- طرز سنکرون کردن ..... 64

2-7-5- سنکرون سازی غیر اتوماتیک ..... 64

2-7-6- سنکرون سازی نیمه اتوماتیک ..... 64

2-7-7- سنکرون سازی تمام اتوماتیک ..... 65

2-8- سکیونر های فشار قوی ..... 67

2-9- دژنگتور ( کلید قدرت) ..... 67

2-9-1- شناخت قطعات پل ها و مکانیزم فرمان ..... 69

2-9-2- گاز SF6 یک ماده عایقی عالی ..... 71

### فصل 3 محاسبات پخش بار

3-1- تعریف شین یا باسبار ..... 74

3-2- شینه بندی ..... 75

3-3- پارامتر های موثر در انتخاب نوع شینه بندی ..... 75

3-4- ترانس زمین ..... 76

3-5- موقعیت ترانس زمین و نحوه ی مشارکت آن در امر حفاظت ..... 79

3-6- قدرت نامی ترانس زمین ..... 81

3-7- راکتور سری ..... 82

3-8- نرم افزار Digsilent ..... 83

3-9- معرفی پست فوق توزیع سنگر شهر ..... 83

3-10- مبنای محاسبات پخش بار ..... 94

3-11- تعیین مینیمم سطح اتصال کوتاه و ماکزیمم سطح اتصال کوتاه ..... 94

3-11-1- آلترناتیو اول ..... 96

3-11-2- آلترناتیو دوم ..... 96

3-11-3- آلترناتیو سوم ..... 97



## مقدمه :

نیاز به انرژی الکتریکی در جامعه کنونی با توجه به انواع مصارف ( خانگی ، تجاری ، صنعتی و کشاورزی )

نیازی روز افزون است که دارای رشدی سالانه متوسط حدود ۷٪ در کشور می باشد . در چرخه انرژی

الکتریکی سه بخش اساسی فعالیت می کنند که عبارت اند از :

۱- بخش تولید که وظیفه تولید انرژی را بر عهده دارد که نیروگاه های برق را شامل می گردد .

۲- بخش انتقال و فوق توزیع که وظیفه انتقال انرژی از مراکز تولید به مراکز مصرف را بر عهده دارد

۳- بخش توزیع که وظیفه پخش انرژی به انواع مصارف بخصوص خانگی ، تجاری و کشاورزی را بر

عهده دارد .

جهت تامین انرژی نقاط مصرف می بایست انرژی الکتریکی در نیروگاه ها تولید و توسط خطوط انتقال و

فوق توزیع و در نهایت توزیع به نقاط مصرف فرستاده شود . اما اگر جهت تامین بخشی از بار شبکه بتوانیم

انرژی الکتریکی را در محل مصرف تولید کنیم ، می توانیم صرفه جویی قابل توجهی را در بخش تولید ،

انتقال و فوق توزیع شاهد باشیم .

در همین راستا شرکت صنایع خالص سازان روی زنجان و شرکت و آژار جهان درصدد برآمدند تا با احداث

و راه اندازی نیروگاه های مقیاس کوچک در مناطق نیازمند بتوانند در گسترش و تقویت شبکه برق سهم

باشند . با توجه به هزینه ی بالای انتقال قدرت از نیروگاه ها که عمدتاً در مناطقی دور از نقاط مصرف

واقع شده اند ، امروزه توصیه می شود با احداث نیروگاه های مقیاس کوچک در محل مصرف ، از هزینه

های سرمایه گذاری جهت انتقال نیرو و همچنین تلفات آن در مسیر انتقال و فوق توزیع بالادست کاسته

شود .

با توجه به رشد تقاضای انرژی برق در دهه آینده در کشور و مشکل دولت در پاسخگویی به این تقاضا و

نیز افزایش تدریجی حداکثر بار شبکه برق کشور و ادامه آن در سالهای آینده ، نیاز به سرمایه گذاری

بخش خصوصی در زمینه تولید برق به شدت احساس می شود . مهم ترین عوامل جهت سرمایه گذاری

بخش خصوصی شامل موارد ذیل است :

• نرخ رشد تقاضای برق در سال های آینده بین ۸ تا ۹ درصد پیش بینی می شود . این موضوع

سبب می گردد تا ریسک بازار برای سرمایه گذاری به حداقل ممکن کاهش یافته و بازار مصرف

برق ایران به بازاری بسیار مطمئن و مستمر برای تولید کنندگان تبدیل شود .

• شبکه برق ایران به شبکه برق کشورهای همجوار متصل است. اتصال به کشورهای همسایه سبب گسترش بازار برق و افزایش احتمال صدور برق تولیدی نیروگاه ها به کشورهای همسایه

• می شود، این موضوع خود به کاهش بیشتر ریسک بازار مصرف برق در ایران کمک خواهد کرد.

• ساختار سازمانی خریدار برق در ایران، ساختار دولتی است. این موضوع سبب کاهش ریسک های درآمدی و عملیاتی می گردد.

• از طرف دیگر در راستای سیاست های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی و مبنای قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی - اجتماعی و فرهنگی کشور از ابتدای مهر ماه ۱۳۸۴ مقرر گردیده است که درخواست های تامین برق با قدرت بیش از ۲۵ مگاوات از طریق شبکه برق سراسری پاسخ داده نشود. لذا این موضوع وضعیت بهینه بازار تقاضا را تثبیت میکند.

## توجیه اقتصادی و فنی سرمایه گذاری در تولیدات پراکنده

تولید پراکنده طبق تعریف عبارت است از تولید برق در محل مصرف یا در نزدیکی آن با استفاده

از سیستم های تولید برق نسبتاً کوچک که ظرفیت آنها معمولاً کمتر از ۳۰ مگاوات می باشد و به شبکه توزیع متصل می شود. سابقه استفاده از تولید پراکنده به بعد از دهه ۷۰ بر میگردد.

عوامل مختلفی دست به دست هم داده اند و باعث بوجود آمدن مبحثی بنام تولید پراکنده شدند. مهمترین عواملی که سبب شد در این چند دهه توجه ویژه ای به تولید پراکنده شود را می

توان به صورت ذیل خلاصه نمود:

✓ نیاز به تجدید ساختار در صنعت برق

✓ کیفیت برق و مسائل قابلیت اطمینان

✓ رشد اقتصاد جهانی و جمعیت

✓ رشد سریع تکنولوژی و ظهور فناوری هایی با راندمان بالا

✓ آلودگی هوا و محیط زیست ناشی از سوزاندن سوخت های فسیلی در تکنولوژی هایی که

هم راندمان پایین داشتند و هم آلودگی زیادی تولید می کردند.

✓ لزوم صرفه جویی در مصرف انرژی با توجه به رو به زوال بودن منابع سوخت فسیلی

## وضعیت شهرک های صنعتی

همچنین امروزه تعداد شهرک های صنعتی در حومه ی شهر ها قابل توجه است . بیشتر این شهرک ها بین ۵۰ تا ۲۰۰ هکتار وسعت دارد و صنایع سبک و نیمه سنگین در آنها احداث شده و یا در حال احداث است . برق درخواستی این شهرک ها بسته به وسعت و حجم صنایع احداث شده و یا در حال احداث در

آنها ۷ مگاوات تا چند ده مگاوات و در موارد محدود تا چند صد مگاوات بر آوردمی شود .  
در اکثر موارد نیاز این شهرک ها به توان الکتریکی در حدود ۱۰ تا ۲۵ مگاوات است و از آنجا که صنایع بنا به ضرورت ، خواهان داشتن دسترسی پیوسته به برق مطمئن و دارای شاخص های قابل قبول می باشند ، وزارت نیرو برای برق رسانی به این صنایع و برای ارائه برق با قابلیت اطمینان بالا به آنها برای هر

کدام از شهرک های صنعتی با مصرف برق بیش از ۷ مگاوات احداث یک پست تبدیل ولتاژ ۶۳/۲۰ کیلو ولت و یا ۱۳۲/۲۰ کیلو ولت را ضروری می داند . امروزه یک پست ۶۳/۲۰ کیلو ولت با تجهیزات اشاره شده بالغ بر حدود سی میلیارد ریال و یک پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت حدود چهل میلیارد ریال هزینه می برد . از طرف دیگر در راستای سیاستهای کلی اصل ۴۴ قانون اساسی و مبانی قانون برنامه چهارم توسعه

اقتصادی ، اجتماعی و فرهنگی کشور و با توجه به عدم تعادل عرضه و تقاضا برق به ویژه در اوقات اوج بار و نیز محدودیت های موجود در زمینه سرمایه گذاری بخش دولتی در احداث نیروگاه هاجت پوشش شکاف بین عرضه و تقاضا ، از ابتدای مهر ماه سال ۱۳۸۴ مقرر گردید که در خواست های تامین برق با قدرت بیش از ۲۵ مگاوات به سمت نیروگاه های خصوصی سوق داده شود . با توجه به شرایط بحرانی سال جاری احتمال اینکه این آزاد سازی به در خواست های پایین تر تسریع یابد ، وجود دارد .

بعلاوه گاز طبیعی که یکی از پاکترین سوخت های موجود در جهان است ، و در کشور ما به وفور وجود دارد . گاز طبیعی با همت وزرات نفت به اقصی نقاط مملکت بخصوص به شهرک های صنعتی لوله کشی شده و بنابراین می توان در اکثریت قریب به اتفاق موارد از این سرمایه گذاری انجام شده ، استفاده بهینه

و دو منظوره نمود و علاوه بر تامین سوخت این شهرک ها برای تولید برق نیز از آن بهره جست . راندمان بالای موتورهای گاز سوز که با تکنولوژی امروزی ساخته می شوند و عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی ، از جمله دلایل محکمی هستند که تولید محلی برق را با استفاده از گاز طبیعی تشویق می

کنند . این شهرک ها می توانند بیشتر از میزان مصرف خود نیز برق تولید کنند و در ساعات اوج مصرف



که قیمت برق گرانتر است ، تولید مازاد مصرف خود را در سطح ۲۰ کیلوولت و از طریق خطوط ۲۰ کیلو  
ولت بدون نیاز به احداث پست تبدیل ولتاژ به شبکه تزیق نمایند و در واقع این تولید مازاد را به وزارت

نیرو بفروشند .  
● احداث واحد های تولید پراکنده ، ضمن کاهش تلفات شبکه و بهبود پروفیل ولتاژ و پایداری  
سیستم ، بنحو قابل توجهی هزینه تمام شده احداث نیروگاه محلی توسط شهرک را به لحاظ  
صرفه جویی در عدم احداث یک پست تبدیل ولتاژ و درآمد حاصل از فروش برق به وزارت نیرو

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

پروژه برق دانشگاه زنجان .

برق دانشگاه زنجان .

دانشگاه زنجان .

زنجان .

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان .

پروژه برق دانشگاه زنجان .

برق دانشگاه زنجان .

دانشگاه زنجان .

زنجان .

# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### معرفی انواع نیروگاه های پراکنده

## ۱-۱- تعریف تولید پراکنده

در طی دهه های اخیر و با توسعه سیستمهای قدرت، روش رساندن انرژی الکتریکی به مصرف کننده ها به طور کلی به این صورت می باشد که توان در نیروگاههای بزرگ تولید شده و ولتاژ توسط ترانسفورماتورها تا حد مطلوب بالا برده میشود. سپس انرژی الکتریکی از طریق خطوط طویل تا نزدیکی مصرف کننده ها منتقل شده و پس از یک یا چند مرحله کاهش ولتاژ، به مصرف کننده می رسد.

با افزایش میزان تقاضا برای انرژی الکتریکی، تجدید ساختار در صنعت برق و نیز افزایش راندمان واحدهای تولیدی کوچک، شرکت های برق تمایل بیشتری برای بهره برداری از این واحدها در سیستم توزیع و در نزدیکی مصرف کننده ها پیدا کرده اند. به این واحدهای کوچک که به سیستم توزیع متصل می شوند، تولید توزیع شده یا تولید پراکنده

گفته می شود. خصوصی سازی صنعت برق و توسعه انرژی های تجدیدپذیر از مهمترین عوامل گسترش این نوع از تولید برق می باشند. استفاده از واحدهای تولید پراکنده تأثیر قابل توجهی بر مسائل فنی و اقتصادی سیستمهای قدرت می گذارد. در واقع تولید پراکنده جهت تولید قسمتی از توان مصرف کننده به صورت آماده به کار مورد بهره برداری قرار می گیرد.

## ۱-۲- مزایا و معایب تولید پراکنده

از جمله مزایای تولید پراکنده می توان به موارد زیر اشاره کرد:

✓ واحدهای تولید پراکنده به مصرف کننده نزدیک تر می باشند، لذا هزینه انتقال و توزیع به طرز قابل

توجهی کاهش می یابد.

✓ استقرار مناسب واحدهای تولید محلی منجر به کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابل

اطمینان میگردد.

✓ مطابق با آخرین تکنولوژی ها، واحدهایی با راندمان بالا و رنج ظرفیتی چند کیلو وات تا چندین

مگاوات عرضه شده اند.

✓ معمولاً ابعاد محل مورد نیاز جهت نصب واحدهای تولید پراکنده کوچک می باشد و یافتن محل نصب

برای ژنراتورهای کوچک بسیار آسانتر است.

✓ گاز طبیعی که تقریباً در اکثر مناطق توزیع شده است و قیمت نسبتاً پایداری دارد، به عنوان سوخت اغلب واحدهای تولید پراکنده مورد استفاده قرار می گیرد.

✓ اغلب تولیدات پراکنده به زمان نصب و راه اندازی کوتاهی نیاز دارند و معمولاً می توان آنها را از مکانی به مکان دیگر منتقل نمود.

✓ تولیدات پراکنده دارای راندمان مناسب و خوبی هستند، به ویژه تولید همزمان برق و حرارت (CHP) می تواند باعث افزایش راندمان تولیدات پراکنده تا بیشتر از ۹۰ درصد گردد. اعمال پروسه CHP یک

افزایش بسیار کوچک در هزینه سرمایه گذاری را به همراه خواهد داشت.

✓ هزینه انتقال و توزیع افزایش یافته است، در حالی که هزینه های تولید پراکنده در حال کاهش می باشند.

✓ تولیدات پراکنده، استرس و فشار را در شبکه های انتقال و توزیع کاهش می دهند. تکنولوژی های جدید تولید پراکنده معمولاً از لحاظ زیست محیطی بسیار تمیز بوده و آلودگی صوتی کمی نیز ایجاد می کنند.

✓ تولیدات پراکنده انتخاب های فراوانی از ترکیبات هزینه و قابلیت اطمینان را در اختیار تولید کننده و مصرف کننده قرار می دهند. تکنولوژی های جدید تولید پراکنده این قابلیت را دارند که با چندین

نوع سوخت کار کنند، که این امر باعث ایجاد انعطاف و کاهش هزینه خواهد شد.

✓ می توان از تولیدات پراکنده در هنگام وقوع یک خروج غیرمنتظره در سیستم بهره جست و قابلیت اطمینان تولید را افزایش داد. در واقع می توان از تولیدات پراکنده جهت تأمین سرویس های جانبی

استفاده نمود. برخی تولیدات پراکنده دارای زمان استارت و خاموش شدن کمی هستند و می توان از آنها برای سرویس های جانبی از قبیل انواع رزرو و همچنین جهت مدیریت تراکم خطوط انتقال و یا

در برنامه های مدیریت بار بهره جست.

✓ زمان متوسط خروج واحدهای تولید پراکنده معمولاً بسیار کم است که این امر در کارخانه ها و صنایعی که دارای پروسه مداومی می باشند و یا قطع برق خسارات بسیاری به صنعت مورد نظر وارد می سازد، دارای اهمیت فراوانی است.

✓ کم کردن تلفات

✓ بالا بردن قابلیت اعتماد

✓ اصلاح کیفیت توان

✓ اصلاح قابلیت اطمینان

✓ پیچیده شدن بهره‌برداری و کنترل شبکه

✓ پیچیده شدن آرایش شبکه و ضرورت توسعه سیستم حفاظت شبکه

### ۳-۱ - کاربردهای تولید پراکنده

تکنولوژی‌های مختلف، کاربردهای مختلفی در شبکه‌های توزیع دارند. این کاربردها بر اساس نیازمندی‌های بار متغیر است. این کاربردها در انتخاب تولید پراکنده مورد استفاده موثر است. در

ادامه تعدادی از این کاربردها شرح داده شده‌اند. برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

#### الف - تولید پراکنده آماده به کار

تولید پراکنده را می‌توان به صورت آماده به کار جهت تغذیه توان مورد نیاز بارهای حساس به کار برد. مانند بیمارستان‌ها و کارخانه‌ها زمانی که شبکه خارج از سرویس است.

#### ب - تقسیم پیک بار

هزینه توان الکتریکی بر اساس منحنی تقاضای بار و تولید مورد انتظار در یک زمان، تغییر می‌نماید. در نتیجه، تولیدات پراکنده می‌توانند جهت تغذیه بارها در زمان‌های پیک بار مورد استفاده قرار گیرند. بدین وسیله می‌توان هزینه برق را برای مصرف‌کننده‌های صنعتی که باید هزینه زمان مصرف برق را پرداخت کنند، کاهش داد.

#### ج - کاربردهای محلی و مناطق دوردست

تولید پراکنده می‌تواند به طور مستقل برای تأمین توان مناطق دوردست که دسترسی به شبکه برق ندارند مورد استفاده قرار گیرد. کاربردهای آن عبارتند از روشنایی، گرمایش، سرمایش،

مخابرات و کارگاه‌های تولیدی کوچک.

ضمناً تولیدات پراکنده قابلیت پشتیبانی و تنظیم ولتاژ در کاربردهای محلی (بارهای حساس) را هنگام اتصال به شبکه دارند.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

## نتیجه گیری :

شرکت خالص سازان جهت بهره مندی از برق مطمئن و پایدار بر آن شد تا با احداث نیروگاه ۲۱/۲ مگاواتی در محل شرکت علاوه بر افزایش تولید شمش ، مزاد تولید خود را به شبکه ی خارجی تزریق کند که این امر ضمن پایداری سیستم و بهبود پروفیل ولتاژ ، به نحو قابل توجهی هزینه ی تمام شده احداث نیروگاه به دلیل عدم احداث یک پست تبدیل ولتاژ و در آمد حاصل از فروش برق به وزارت نیرو جبران خواهد شد. همچنین با توجه به اینکه نرخ پایه تبدیل انرژی در سال ۹۲ با ازای هر کیلووات ساعت برابر با ۷۱۵ ریال و در سال ۹۳ نرخ پایه تبدیل انرژی برابر با ۸۳۸,۱۵ ریال تخصیص داده شده ، لذا احداث نیروگاه توجیه اقتصادی دارد .

با توجه به نتایج محاسبات پخش بار نصب هر یک از نیروگاه ها باعث افزایش تلفات شبکه به ویژه در حالت کم باری می گردد و مزاد توان اکتیو تولیدی در حالت کم باری به شبکه خارجی تزریق می گردد و این در حالی است که در حالت ماکزیمم بار پست ، توان اکتیو تولیدی توسط نیروگاه های خالص سازان و واژار جهان پاسخگوی بار مصرفی پست سنگشهر نمی باشد .

با نصب بانک های خازنی و همچنین تولیدات نیروگاه ها ، مزاد توان راکتیو تولیدی به شبکه خارجی تزریق می گردد.

طبق نتایج محاسبات اتصال کوتاه و قدرت قطع کلیدهای ۶۳ و ۲۰ کیلوولت پست سنگشهر و قدرت قطع کلید های پست خالص سازان ، نصب راکتور سری توسط نیروگاه خالص سازان ضروری می باشد

زیرا سطح اتصال کوتاه بیشتر از حد تعریف مطلوب طبق استاندارد وزارت نیرو برای اتصال مولد های تولید پراکنده می باشد . لذا با توجه به اینکه اعظم جریان اتصال کوتاه از سمت شبکه خارجی می باشد لذا نصب راکتور سری بین پست پاساژ نیروگاه خالص سازان و پست سنگشهر تاثیر بیشتری بر کاهش

سطح اتصال کوتاه دارد .

## منابع

۱- وزارت نیرو معاونت امور برق و انرژی، "انرژی"، دستورالعمل توسعه ی مولد مقیاس کوچک"

۲- طهماسبقلی، شاهرخشاهی، "ایستگاه آهای و فشار قوی با ایزولاسیون هوا در ردیف ولتاژهای ۲۰-۲۳۰ کیلوولت بهره برداری - طراحی - انتخاب تجهیزات"

۳- واحد تحقیق توسعه شرکت پارس سوئیچ، "اصول کلید های قدرت فشار قوی"

۴- نشریه علمی برق شماره ۳۶. معرفی تولیدات پراکنده رنجبر. نیکنام. ترابی اردکانی

۵- محسن خالقی، "شبکه انتقال و فوق توزیع مدار آرایش برق خطوط و دکل ها"

۶- شرکت برق منطقه ای زنجان، "اطلاعات پست سنگشهر و شبکه اطراف"

7- WARTSILA COMPANY " Service Manual 220 SG

8 - STAMFORD COMPANY " P1734B – Technical Data Sheet "

9- Ram Kumar R, " Renewable Energy Sources and Developing

Countries", IEEE Transaction on Power