



دانشگاه زنجان

کنترل نقطه کار MPPT برای ماژول‌های ولتاژ نوری

ارائه دهنده:

الهه مصطفوی

استاد راهنما:

دکتر رضا نوروزیان

بهار 1391

20	دیودهای سدکننده	6-1-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
21	مدل الکتریکی سلول فتوولتائیک	7-1-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
21	مدلسازی آرایه فتوولتائیک	2-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
25	اثر تابش محیطی و دمای آرایه	3-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
28	بازدهی و توان مازول	4-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
29	انواع آرایه های فتوولتائیک	5-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
29	آرایه های صفحه مسطح ساکن	1-5-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
29	آرایه های قابل حمل	2-5-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
30	آرایه های دنبال کننده خورشید	3-5-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
33	انواع سیستم های ولتاژ نوری بر مبنای چگونگی اتصال به شبکه	6-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
33	سیستم های متصل به شبکه	1-6-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
33	سیستم های مستقل از شبکه	2-6-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
33	سیستم های هیبرید	3-6-2	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
فصل سوم: کنترل نقطه کار سیستم ولتاژ نوری برای عملکرد در MPP			
37	الگوریتم P&O	1-3	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
40	الگوریتم کندوکنانس افزایشی (IncCon)	2-3	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
43	روش ریاضی برای به دست آوردن مکان دقیق MPP	3-3	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
47	مبدل افزایشنده	4-3	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
48	تحلیل مبدل افزایشنده در مد CCM	1-4-3	دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
48	1-1-4-3. توصیف مداری		
50	2-1-4-3. بازه زمانی $0 < t \leq DT$		
51	3-1-4-3. بازه زمانی $DT < t \leq T$		
52	4-1-4-3. تابع انتقال ولتاژ در مد CCM		
52	5-1-4-3. محدوده مرزی CCM و DCM		
55	6-1-4-3. ریپل ولتاژ مبدل افزایشنده در مد CCM		
57	2-4-3- تحلیل مبدل افزایشنده در مد DCM		
57	1-2-4-3. بازه زمانی $0 < t \leq DT$		

چکیده

در این پایان نامه ابتدا یک آرایه فتوولتائیک مدل‌سازی شده است. برای مدل کردن آرایه فتوولتائیک، دو روش مدل ریاضی و مدل الکتریکی وجود دارد. مدل ریاضی در سال 1994 توسط شخصی به نام

Lorenzo ابداع شده است. در این مدل جریان مازول فتوولتائیک در شرایط عملکرد اختیاری از

طریق حل یک رابطه ریاضی به دست می‌آید. مزیت مدل ریاضی نسبت به مدل دیگر، سادگی آن می‌باشد، اما باید در نظر داشت که مدل ریاضی نتایج دقیقی نمی‌دهد. مدل الکتریکی به وسیله قرار دادن

مدل الکتریکی سلول فتوولتائیک به جای هر سلول به دست می‌آید. روش الکتریکی نتایج دقیقی به

دست می‌دهد اما از آنجا که این روش مدل کردن، بسیار مشکل می‌باشد، کمتر مورد استفاده قرار

گرفته است. در این پایان نامه برای بدست آوردن نتایج بهتر و دقیقتر، از روش الکتریکی برای مدل کردن آرایه فتوولتائیک استفاده شده است.

برای اینکه آرایه فتوولتائیک بتواند ماکزیمم توان قابل تولید خود را در هر شرایطی تولید کند، نقطه

کار آرایه فتوولتائیک توسط الگوریتم‌های دنبال کننده، کنترل شده است. برای این منظور از الگوریتم -

های P&O و IncCon استفاده شده است. برای اطمینان از نتایج الگوریتم‌های MPPT، با استفاده

از روابط ریاضی، نقطه کار دقیق آرایه برای عملکرد در MPP به دست آمده است. به وسیله یک

مبدل DC/DC افزاینده، آرایه فتوولتائیک در شرایط MPP مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

فصل 1

مقدمه‌ای بر تولید پراکنده

9

انرژی خورشیدی

1-1- تعریف مولدهای پراکنده

بطور کلی هر واحد تولید انرژی غیرمتمرکز، که دارای حداکثر توان 5 MW باشد، می‌تواند در فهرست مولدهای پراکنده قرار گیرد. لازم به ذکر است که اولین مولد در صنعت برق توسط توماس

ادیسون بصورت مولد پراکنده مورد بهره‌برداری گرفته است. منابع تولید پراکنده موضوع جدیدی نیست، بلکه از ابتدای شروع صنعت برق با نام‌های متفاوت از جمله ژنراتورها، ژنراتورهای

Back-up، سیستم‌های قدرت On-site، مولدهای پراکنده DG¹، منابع انرژی پراکنده DER²،

سیستم‌های انرژی پراکنده DES³ و تولید انرژی EG⁴ شناخته شده است. تولیدات پراکنده یا تولید محلی به تولیدی اطلاق می‌شود که در سطح توزیع بکار گرفته می‌شود.

¹ Distributed Generation

² Distributed Energy Resource

³ Distributed Energy System

⁴ Energy Generation

انرژی‌های توزیع موجود بدون در نظر گرفتن منابع تولید پراکنده طراحی شده‌اند. در نتیجه یکارگیری آنها، امکان بروز شرایط غیر مطلوبی در کیفیت برق، قابلیت اطمینان سرویس‌دهی، بازده، مسائل ایمنی و غیره می‌تواند ایجاد کند. از طرفی مزایای فنی - اقتصادی یکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع موجب شده است که منابع تولید پراکنده مورد توجه شرکت‌های توزیع و انجمن مشترکین قرار گیرند.

1-1-1- مزایای استفاده از مولدهای تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع

از جمله موارد برجسته در این رابطه عبارتند از:

- الف - هزینه توسعه، احداث، نگهداری و بهره‌برداری کم می‌باشد.
- ب - جهت طراحی و نصب به زمان کمتری نیاز است.
- ت - افزایش قابلیت اطمینان و تداوم پایداری و افزایش کیفیت برق قابل حصول است.
- ث - مدیریت بار - مدیریت مصرف انرژی میسر می‌گردد.
- ج - انعطاف پذیری سوخت و دسترسی آسان به آن مطرح می‌باشد.
- ح - سازگار با محیط و تولید الکتریکی مدولار است.
- خ - تولیدات پراکنده می‌توانند توسعه و بهره‌برداری از احداث خطوط و شبکه جدید را به تأخیر بیندازند. تلفات و افت ولتاژ را کاهش می‌دهند.
- د - تولید همزمان حرارت و توان الکتریکی
- ذ - بهبود کیفیت برق

1-1-2- خدمات ارائه شده توسط مولدهای تولید پراکنده

در اینجا برخی از خدماتی که تولیدات پراکنده برای شبکه‌های توزیع ارائه می‌دهند، بررسی شده است.

1- پشتیبانی ظرفیت شبکه¹
در حال حاضر، پشتیبانی ظرفیت شبکه بزرگترین محرک اقتصادی برای استفاده از سیستم‌های تولید پراکنده محسوب می‌گردد؛ زیرا سبب کاهش بارگذاری بر سیستم انتقال می‌شود.

2- پشتیبانی ظرفیت اضطراری شبکه²

در شبکه‌های توزیع پراکنده، تولیدات پراکنده می‌تواند به عنوان یک منبع انرژی اضافی در مواقع اضطراری عمل کند.

¹ Capacity Support
² Contingency Capacity Support

انرژی‌های توزیع موجود بدون در نظر گرفتن منابع تولید پراکنده طراحی شده‌اند. در نتیجه یکارگیری آنها، امکان بروز شرایط غیر مطلوبی در کیفیت برق، قابلیت اطمینان سرویس‌دهی، بازده، مسائل ایمنی و غیره می‌تواند ایجاد کند. از طرفی مزایای فنی - اقتصادی یکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع موجب شده است که منابع تولید پراکنده مورد توجه شرکت‌های توزیع و انجمن مشترکین قرار گیرند.

سیستم‌های تولید پراکنده می‌توانند در صورت بروز اشکال در یکی از بخش‌های شبکه، به صورت اضطراری انرژی مورد نیاز برخی از مصرف‌کنندگان را تأمین نمایند. بدین ترتیب، تعداد مصرف‌کننده‌هایی که در حالت قطعی و اختلال در شبکه از مدار خارج می‌شوند، کاهش می‌یابد.

3- تعادل پخش بار گروه‌های انرژی‌های پراکنده در مجموعه‌ای از منابع تولید پراکنده، سبب تنظیم بارگذاری بین پست‌های شبکه و مدیریت انرژی در مجموعه‌ای از منابع تولید پراکنده، سبب تنظیم بارگذاری بین پست‌های شبکه و در نتیجه، بهبود پخش بار و تعادل خطوط در شبکه می‌شود.

4- کاهش تلفات از آنجایی که تلفات در خطوط و سایر تجهیزات شبکه متناسب با مجذور جریان می‌باشد، تلفات در شبکه با توجه به جبران بار توسط واحدهای تولید پراکنده، کاهش می‌یابد. این اثر خصوصاً در

بارهای پیک بار مشهودتر است. **5- ذخیره چرخشی¹**

ذخیره چرخشی شامل ظرفیت بارگذاری نشده واحدهایی از تولید پراکنده است که با شبکه سنکرون شده و توانایی افزایش توان تولیدی خود را تا میزان توانی در طی چند دقیقه دارا می‌باشند.

6- ذخیره غیر چرخشی² واحدهایی با قابلیت راه اندازی سریع، واحدهای ذخیره غیر چرخشی در یک سیستم قدرت محسوب می‌گردد. بسیاری از سیستم‌های تولید پراکنده دارای این ویژگی می‌باشند.

7- Micro-Grid این نوع کاربرد از مولدها بسیار با اهمیت بوده در این کاربرد چندین مولد بصورت شبکه کوچک در کنار هم قرار گرفته و در واقع یک شبکه تولید، توزیع و انتقال کوچک را تشکیل می‌دهند. این شبکه بسیار هوشمند است و قابلیت وصل به شبکه سراسری را دارد. این تکنولوژی در سطح بسیار گسترده‌تری در حال توسعه است.

1-1-3- برخی از قابلیت‌های فنی سیستم‌های تولید پراکنده

از جمله قابلیت‌های فنی سیستم‌های تولید پراکنده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

1- قابلیت راهبری و کنترل (دیسپاچینگ) جهت کنترل توان سیستم‌های تولید پراکنده، توسعه سیستم‌های اسکادا و مدیریت انرژی، به طوری که شامل واحدهای از تولید پراکنده نیز شوند، ضروری است.

1-1-3- برخی از قابلیت‌های فنی سیستم‌های تولید پراکنده

¹ Spinning Reserve
² Non- Spinning Reserve

از جمله قابلیت‌های فنی سیستم‌های تولید پراکنده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

2- قابلیت دسترس پذیری¹ انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

جهت استفاده مناسب از قابلیت دیسپاچینگ سیستم‌های تولید پراکنده، هر واحد تولید پراکنده باید از قابلیت دسترس پذیری بالایی برخوردار باشد. به عنوان مثال، سیستم‌های خورشیدی، به دلیل نیاز به وجود نور خورشید برای تولید برق، دارای قابلیت دسترسی تصادفی هستند، در حالی که یک دیزل ژنراتور دارای قابلیت دسترسی بسیار بالایی می‌باشد.

3- راه‌اندازی سریع

در بسیاری از مواقع، جهت پوشش مطمئن بار مصرفی شبکه نیاز به واحدهایی با زمان راه‌اندازی کوتاه می‌باشد. این قابلیت با توجه به ملاحظات فنی در برخی از سیستم‌های تولید پراکنده موجود می‌باشد.

4- زمان پاسخ سریع

جهت برقراری تعادل میان تولید و مصرف در شبکه، معمولاً نیاز به تغییر سریع در توان تولیدی شبکه می‌باشد. این امر در صورت وجود ثابت واحدهایی با زمانی‌های کوچک در سیستم امکان‌پذیر می‌گردد.

5- عملکرد جزیره‌ای (off-grid)

کاربرد مستقل سیستم‌های تولید پراکنده به صورت جزیره‌ای جهت تأمین بار مصرف‌کنندگان از مزایای عمده آنها محسوب می‌شود. برای صنایع و واحدهایی که قطع برق خسارت فراوانی را در بر داشته باشد و یا بطور کلی امکان دسترسی به انرژی برق وجود ندارد، بکارگیری این سیستم‌ها مفید می‌باشد. بدلیل داشتن سیستم راه‌انداز در مولدهای رفت و برگشتی و یا توربین‌ها این مولدها قادرند خود راه‌اندازی شوند و برق واحدهای صنعتی را تأمین نمایند. با گسترش و پیشرفت صنعت برق تکنولوژی‌های جدید و مختلفی ایجاد شده است. اکثر این تکنولوژی‌ها بصورت تجاری و صنعتی قابل دسترسی می‌باشند. در قسمت 1-2 به انواع گوناگون این تکنولوژی‌ها می‌پردازیم.

1-2- انواع مولدهای تولید پراکنده

1- میکروتوربین (Microturbines)

2- سلول‌های سوختی (Fuel cells)

3- سیستم‌های بادی (Wind Systems)

4- سیستم‌های ولتاژ نوری (Photovoltaic Systems)

5- تجهیزات انباره انرژی (Energy Storage/UPS Systems)

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

¹ Availability

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

افزایش بازده سیستم ولتاژ نوری
 (3) بهره‌برداری ترکیبی از سیستم ولتاژ نوری و توربین بادی

5-2-2- تحقیقات توسعه‌ای

(1) بررسی تأثیر سایه در بهره‌برداری از سیستم ولتاژ نوری و چگونگی تغییر منحنی P-V گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

(2) مدل‌سازی آرایه‌های دنبال‌کننده جهت خورشید

(3) استفاده از مبدل‌های DC/DC چند سطحی¹ به جای مبدل افزایشنده

(4) بهینه کردن الگوریتم P&O (بهینه کردن زمان برداری و تغییر پله‌ی ولتاژ)

(5) استفاده از اینورتر با تعداد پالس‌های بیشتر برای مبدل DC/AC بار نامتعادل AC

پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

برق و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انستیتو مهندسی گروه برق

مراجع

- [1] www.sun.org.ir
- [2] R.E.Hanitsch, D.Schulz and U.Siegfried, "Shading Effects on Output Power of Grid Connected Photovoltaic Generator Systems," , Rev. Energ. Ren. : Power Engineering (2001) 93-99
- [3] Solar Electricity (2nd Edition), Edited by Tomas Makvart, John Wiley & Sons (2000).
- [4] F.M.Longatt, "Model of Photovoltaic Modoule in Matlab™," ,2DO CONGRESO IBEROAMERICANO DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y COMPUTACION (CIBELEC 2005), No. 1-5
- [5] Yun Tiam Tan, Daniel S. Kirschen, Nicholas Jenkins, "A Model of PV Generation Suitable for Stability Analysis" in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 19, no. 4, December 2004
- [6] A Comprehensive Resource for EMTDC, "EMTDC Transient Analysis for PSCAD System Simulation", 244 Cree Crescent, Winnipeg, Manitoba, Canada R3J 3W1
- [7] T.Shimizu, M.Hirakata and H.Watanabe, "Genaration Control Circuit for Photovoltaic Modules", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 16, NO. 3, MAY 2001
- [8] M.Azab, "Improved Circuit Model of Photovoltaic Array," International Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering 2:3 2009, No. 185-188
- [9] V.Salas, E.Olias, A.Barrado and A.Lazaro, "Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems," Solar Energy Materials & solar Cells 90(2006) 1555-1578
- [10] N.S.Dsuza, L.A.C.Lopes and X.Liu, "Comparative study of variable size perturbation and observation maximum power point trakers for PV systems,"Electric Power Systems Research 80 (2010) 296-305
- [11] K.H.Hussein, I.Muta, T.Hoshino and M.Osakada, "Maximum Photovoltaic power tracking: an algorithm for rapidly changing atmospheric conditions," IEE Proc.Gen.Transm.Distr.142 (1) (1995) 59-64.
- [12] N.Femia, G.Petrone, G.Spagnuolo, and M.Vitelli, "A Technique for improving P&O MPPT Performance of Double-Stage Grid-Connected Photovoltaic Systems," , IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL.56, NO.11, NOVEMBER 2009
- [13] N.Kasa, T.Lida and H.Iwamoto, "Maximum power point tracking with capacitor identifier for photovoltaic power system," IEE Proc.-Electr.Power Appl, Vol.147,No.6, November 2000.
- [14] S.Jain and V.Agarwal, "A New Alogorithm for Rapid Tracking of Approximate Maximum Power Point in Photovoltaic Systems," IEE POWER ELECTRONICS LETTERS, VOL. 2,NO. 1,MARCH 2004.
- [15] Y.C.Kuo, T.J.Liang and J.F.Chen, "Novel Maximum Power Point Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System," IEEE

TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 48, NO. 3, JUNE 2001.

- [16] J.Devishree, P.Anbalagan, J.Rathinavel and S.Senthil “An Improved Photovoltaic Power Supply System With Tracking,” DSP Journal, Volume 6, Issue 1, September, 2006
- [17] M.K.Kazimierczuk, “Pulse-width Modulated DC–DC Power Converters”, This edition first published 2008 John Wiley & Sons, Ltd
- [18] D.Jovicic, “Step-up DC–DC converter for megawatt size applications”, IET Power Electron., 2009, Vol. 2, Iss. 6, pp. 675–685
- [19] H.S.Bae, J.H.Park, B.H.Cho and G.J.Yu, “New MPPT Control Strategy for Two-Stage Grid-Connected Photovoltaic Power Conditioning System”, Journal of Power Electronics, Vol. 7, No. 2, April 2007
- [20] ABB. It's time to Connect. Technical description of HVDC Light® technology. ABB - Grid Systems -HVDC. SE-771 80 Ludvika, Sweden
- [21] Per Karlsson. DC Distributed Power Systems - Analysis, Design and Control for a Renewable Energy System. Lund University. Department of Industrial Electrical Engineering and Automation. Sweden 2002.ISBN 91-88934-25-X
- [22] J.L.Afonso, M.J.Freitas and J.S.Martins “p-q Theory Power Components Calculations,” , ISIE2003- IEEE International Symposium on Industrial Electronics Rio de Janeiro, Brasil, 9-11 Junho de 2003, ISBN:0-7803-7912-8
- [23] J.L.Afonso, M.J.Freitas and J.S.Martins “Active Filters with Control Based on the p-q Theory,” , IEEE Industrial Electronics Society Newsletter vol. 47, n3, sept. 2000, ISSN: 0746-1240, pp. 5-10
- [24] K.C.Divya, and G.Ostergaard, “Battery energy storage technology for power systems—An overview”, Electric Power Systems Research 79 (2009) 511–520
- [25] S.Inoue and H.Akagi, “A Bidirectional DC–DC Converter for an Energy Storage System With Galvanic Isolation”, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 22, NO. 6, NOVEMBER 2007
- [26] N.Hamrouni, M.Jraidi and A.Cherif, , “New control strategy for 2-stage grid-connected photovoltaic power system ”, Renewable Energy 33 (2008) 2212–2221
- [27] A.kornellakis and E.Koutroulis “Methodology for the design optimisation and the economic analysis of grid-connected photovoltaic systems”, IET Renew. Power Gener., 2009, Vol. 3, Iss. 4, pp. 476–492
- [28] R.Lalouni, D.Rekioua, T.Rekioua and E.Matagne, “Fuzzy logic control of stand-alone photovoltaic system with battery storage”, Journal of Power Sources 193 (2009) 899–907
- [29] V.Azbe and R.Mihalic, “Distributed generation from renewable source in an isolated DC network,”Renewable Energy 2006;31(14):2370-84.
- [30] M.Dakkak, A.Hirate, R.Muhida, and Z.Kawasaki, “Operation strategy of residential centralized photovoltaic system in remote areas,” Renewable Energy, Vol.28,No.7 ,pp.997-1012(2003)
- [31] M.Dakkak, R.Uchida and T.Ise, “Study on low-level voltage of Distributed Flexible Network PV System,” , IEEE 35th, PESC04, Aachen,Germany (2004)
- [32] M.Dakkak, K.Hatori, Y.Miura and T.Ise “A Study on Network Configuration of Distributed Flexible Network PV System,” IEEJ Trans. PE,Vol.125.No.12, 2005

