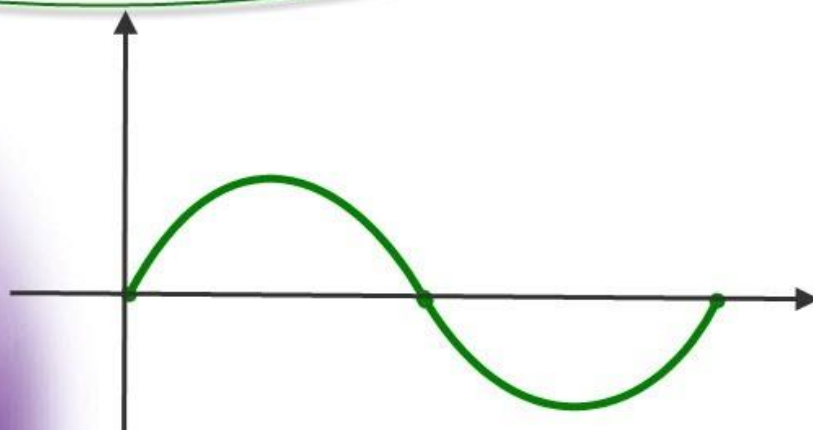


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

بررسی افت ولتاژ و کنترل توان بیشینه در سیستم های فتوولتائیک



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۳۱۰)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فهرست

چکیده..... ۶

۱- فصل اول : مقدمه.....	۷
۱-۱- تاریخچه.....	۸
۱-۲- کاربردهای انرژی خورشیدی.....	۸
۱-۳- انرژی فتوولتائیک.....	۹
۱-۴- مزایا نیروگاه های خورشیدی.....	۱۲
۱-۵- ظرفیت انرژی خورشیدی نصب شده در جهان.....	۱۲
۱-۶- ظرفیت تولید انرژی خورشیدی در ایران.....	۱۳
۱-۷- انواع سلول های خورشیدی.....	۱۳
۱-۸- سلول های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون کریستالی.....	۱۴
۱-۹- سلول های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون لایه نازک غیر کریستالی (آمورف).....	۱۴
۱-۱۰- سلول های خورشیدی لایه نازک GaAs.....	۱۵
۱-۱۱- سلول های خورشیدی مبتنی بر مواد آلی.....	۱۵
۱-۱۲- سلول های خورشیدی مبتنی بر نقاط کوانتومی.....	۱۸
۲- فصل دوم : اجزای کلی سیستم فتوولتائیک.....	۲۰

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- ۲۱-۱-۲- پنل خورشیدی..... ۲۱
- ۲۲-۲-۲- باتری ها ۲۲
- ۲۲-۳-۲- شارژ کنترلر..... ۲۲
- ۲۳-۳-۱- دسته بندی شارژ کنترلرها ۲۳
- ۲۴-۴-۱- اینورتر ۲۴
- ۲۶-۵- روش های ردیابی توان بیشینه در سیستم های خورشیدی..... ۲۶
- ۳۰-۶- روش کنترل MPPT سیستم فتوولتائیک تکفاز متصل به شبکه ۳۰
- ۳۳-۳- فصل سوم: مدل کردن سیستم PV متصل به شبکه (GPV) ۳۳
- ۳۴-۳-۱- تولید کننده های فتوولتائیک ۳۴
- ۳۵-۳-۲- سیستم پایش توان ۳۵
- ۳۶-۳-۳- اهداف کنترلی ۳۶
- ۴۰-۳-۴- کنترلر پیشنهادی ۴۰
- ۴۲-۳-۵- ملاحظات عملی. ۴۲
- ۴۳-۳-۵-۱- محاسبات ۴۳
- ۴۳-۳-۶-۲- تغییر ناخواسته پارامترها ۴۳
- ۴- فصل چهارم: طرح کنترلی اینورتر سه فاز فتوولتائیک برای مینیمم کردن جریان فاز حین نامتعادلی. ۴۷
- ۴۸-۴-۱- اینورتر سه فاز متصل به شبکه ۴۸

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۲- مشخصات افت ولتاژ ۴۹

۴-۳- اهداف کنترلی ۵۲

۴-۴- روش های کنترل معمولی ۵۴

۴-۵- پیک جریان حین افت ولتاژ ۵۶

۵- فصل پنجم: شبیه سازی سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه. ۵۸

۶- فصل ششم: نتیجه گیری..... ۶۷

۶-۱- پیشنهاد ۶۹

7- منابع ۷۰



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

در این مقاله به تشریح سلول ها و سیستم های فتوولتاییک می پردازیم. ابتدا ساختمان یک سلول فتوولتاییک را بررسی و سپس به بررسی اجزای کلی یک سیستم فتوولتاییک می پردازیم. از جمله مشکلاتی که سیستم های فتوولتاییک با آن مواجه هستند این است که برای تولید توان خروجی بهینه باید ولتاژ حول نقطه خاصی باقی بماند که به تشریح روش کنترلی می پردازیم. از دیگر مشکلات این سیستم ها این است که با کاهش ولتاژ، برای تامین توان ثابت باید جریان خروجی از سیستم افزایش یابد، بدین منظور روش کنترلی پیشنهاد می شود تا این جریان اضافه را بتواند کاهش دهد.

در ادامه به شبیه سازی کامل یک سیستم فتوولتاییک شامل سلول فتوولتاییک، اینورتر، سیستم کنترلی MPPT که به شبکه متصل گردیده است می پردازیم.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل اول

مقدمه

۱- فصل اول : مقدمه

انرژی خورشیدی منحصر به فردترین منبع انرژی تجدید پذیر در جهان است و منبع اصلی تمامی انرژی های موجود در زمین می باشد. انرژی خورشیدی به صورت مستقیم و غیرمستقیم میتواند به اشکال دیگر انرژی تبدیل گردد. بطور کلی انرژی متصاعد شده از خورشیدی در حدود ۳,۸ در ۱۰^{۲۳} کیلووات در ثانیه می باشد.

ایران با داشتن حدود ۳۰۰ روز آفتابی در سال جزو بهترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان می باشد. با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و پراکندگی روستای در کشور، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهمترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد. استفاده از انرژی خورشیدی یکی از بهترین راه های برق رسانی و تولید انرژی در مقایسه با دیگر مدل های انتقال انرژی به روستاها و نقاط دور افتاده در کشور از نظر هزینه، حمل نقل، نگهداری و عوامل مشابه می باشد.

با توجه به استانداردهای بین المللی اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از ۳,۵ کیلووات ساعت در متر مربع باشد استفاده از مدلهای انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یا سیستم های فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است. در بسیاری از قسمتهای ایران انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین المللی می باشد و در برخی از نقاط حتی بالاتر از ۷ تا ۸ کیلووات ساعت بر متر مربع اندازه گیری شده است ولی بطور متوسط انرژی تابشی خورشید بر سطح سرزمین ایران حدود ۴,۵ کیلووات ساعت بر متر مربع است. [1]

۱-۱- تاریخچه

با وجود آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستم هایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر سد راه پیشرفت این سیستم ها شده بود تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله تولید انرژی از راه های دیگر (غیر از استفاده سوخت های فسیلی) توجه جدی تری نمایند.

۱-۲- کاربردهای انرژی خورشیدی

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم های مختلف استفاده می شود که عبارت اند از:

۱. استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی
۲. تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی به نام فتوولتائیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۳- انرژی فتوولتائیک

انرژی فتوولتائیک به تبدیل نور خورشید به الکتریسیته از طریق یک سلول فتوولتائیک^۱ گفته می شود که به طور معمول توسط یک سلول خورشیدی انجام می پذیرد. سلول خورشیدی یک ابزار غیر مکانیکی است که معمولاً از آلیاژ سیلیکون ساخته می شود.

نور خورشید از فوتون ها یا ذرات انرژی خورشیدی ساخته شده است. این فوتون ها که مقادیر متغیر انرژی را شامل می شوند، درست مشابه با طول موجهای متفاوت طیف های نوری هستند.

وقتی فوتون ها به یک سلول فتوولتائیک برخورد می کنند، ممکن است منعکس شوند، مستقیم از میان آن عبور کنند و یا جذب شوند. فقط فوتون های جذب شده انرژی را برای تولید الکتریسیته فراهم می کنند. وقتی که نور خورشید کافی یا انرژی توسط جسم نیمه رسانا جذب شود، الکترون ها از اتم های جسم جدا می شوند. (به دلیل اینکه آخرین الکترون یک اتم با گرفتن انرژی فوتون به لایه بالاتر رفته و می تواند از میدان پروتون خلاص شده و آزادانه در نیمه رسانا حرکت کند).

رفتار خاص سطح جسم در طول ساختن باعث می شود سطح جلویی سلول که برای الکترون های آزاد بیشتر پذیرش یابد. بنا براین الکترون ها بطور طبیعی به سطح مهاجرت می کنند.

زمانی که الکترون ها موقعیت n را ترک می کنند، سوراخ هایی شکل می گیرد. تعداد الکترون ها زیاد بوده و هر کدام یک بار منفی را حمل می کنند و به طرف جلو سطح سلول پیش می روند، در نتیجه عدم توازن بار بین سلول های جلویی و سطوح عقبی یک پتانسیل ولتاژ شبیه قطب های مثبت و منفی یک باتری ایجاد می شود.

^۱ pvs

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وقتی که دو سطح از میان یک راه داخلی مرتبط می شود، الکتریسیته جریان می باشد. با این وجود، توان ۱ یا ۲ وات تولید می کند، که برای بیشتر کار بردها این مقدار از انرژی کافی نیست. برای اینکه بازده انرژی را افزایش دهیم، سلولها بطور الکتریکی به داخل هوای بسته یک مدول سخت مرتبط می شود.

اصطلاح آرایش به کل صفحه انرژی اشاره می کند، اگر چه آن از یک یا چند هزار مدول ساخته شده باشد، آن تعداد مدولهای مورد نیاز می توانند بهم مرتبط شوند برای اینکه اندازه آرایش مورد نیاز (تولید انرژی) را تشکیل دهند. اجرای یک آرایش فوتولتاییک به انرژی خورشید وابسته است.

شرایط آب وهوایی (همانند ابر و مه) تاثیر مهمی روی انرژی خورشیدی دریافت شده توسط یک آرایش PV و در عوض، اجرایی آن دارد. بیشتر تکنولوژی مدولهای فوتولتاییک در حدود ۱۰ درصد موثر هستند در تبدیل انرژی خورشید با تحقیق بیشتر مرتبط شوند برای اینکه این کار را به ۲۰ درصد افزایش دهند.

سلولهای PV که در سال ۱۹۵۴ توسط تحقیقات تلفنی بل کشف شد حساسیت یک آب سیلیکونی حاضر به خورشید را به طور خاصی آزمایش کرد. ابتدا در گذشته در دهه ۱۹۵۰، PVS، برای تامین انرژی قمرهای فضا در یک مورد استفاده قرار گرفتند.

موفقیت PVS در فضا کار بردهای تجاری برای تکنولوژی PVS تولید کرد. ساده ترین سیستم های فوتولتاییک انرژی تعداد زیادی از ماشین حساب های کوچک و ساعت های مچی که روزانه مورد استفاده قرار می گیرد را تأمین می کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بیشتر سیستم های پیچیده لکتریسیته را برای پمپاژ آب، انرژی ابزارهای ارتباطی، وحتى فراهم کردن الکتریسیته برای خانه هایمان فراهم می کنند.

بدیل فتوولتائیک به چندین دلیل مفید است. تبدیل نور خورشید به الکتریسیته مستقیم است، بنابراین سیستم های تولید کننده مکانیکی به حجم زیادی لازم نیستند. خصوصیت مدولی انرژی فتوولتائیک اجازه می دهد به طور سریع آرایش ها در هر اندازه مورد نیاز یا اجازه داده شده نصب شوند.

همچنین، تاثیر محیطی یک سیستم فتوولتائیک حداقل است، آب را برای سیستم نیاز ندارد پختن و تولید محصول فرعی نیست. سلولهای فتوولتائیک، همانند باتریها، جریان مستقیم را تولید می کنند که به طور عمومی برای برای راههای کوچکی مورد استفاده است (ابزار الکترونیک). وقتی که جریان مستقیم از سلولهای فتوولتائیک برای کاربردهای تجاری یا لحیم کردن کار بردهای الکتریکی استفاده می شود. راندمان سلولهای فتوولتائیک در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۷٪ می باشد و توان آن در تابش مستقیم آفتاب به ازای هر مترمربع حدود ۱۷۰ وات است.

شبکه های الکتریکی بایستی به جریان متناوب برای استفاده تبدیل کننده ها تبدیل شوند، مبدل های قدرت^۱ ابزارهایی هستند که جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می کنند. به طور تاریخی PVS در جاهای دور برای تولید الکتریسیته بکار گرفته شده است. با این وجود یک بازار برای تولید از PVS را توزیع کنند ممکن است با بی نظمی قیمت های تبدیل و توزیع همزمان با بی نظمی الکتریکی

^۱ inverter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

توسعه داده شود. جایگزین ژنراتورهای کوچک مقیاس عددی در تغذیه کننده های الکتریکی می توانند اقتصاد و اعتبار سیستم توزیع را بهبود بخشد.

۴-۱- مزایا نیروگاه های خورشیدی

از جمله مزایای نیروگاه های خورشیدی می توان به عوامل زیر اشاره کرد:

۱. پاک و بدون آلودگی (حذف انتشار گازهای گلخانه ای از جمله دی اکسید کربن)

۲. بی پایان

۳. رایگان و در دسترس

۴. کاهش مصرف سوخت های فسیلی

۵. امن و بی خطر

۵-۱- ظرفیت انرژی خورشیدی نصب شده در جهان

حدود ۳۰ گیگاوات از ظرفیت فتوولتائیک جدید در سراسر جهان در سال ۲۰۱۱ عملیاتی شده است و با افزایش ۷۴ درصدی در کل دنیا به میزان ۷۰ گیگاوات رسیده است. نصب و راه اندازی واقعی در طول سال ۲۰۱۱ نزدیک به ۲۵ گیگاوات بوده است چراکه بعضی از ظرفیتهای متصل شده به شبکه در سال ۲۰۱۰ نصب شده بوده اند. کشورهای پیشرو در بیشترین ظرفیت نصب شده تا انتهای سال ۲۰۱۱ آلمان، ایتالیا، ژاپن، اسپانیا و آمریکا بوده اند.

بار دیگر اتحادیه اروپا به خاطر وجود کشورهای آلمان و ایتالیا بازار سیستمهای فتوولتائیک را در دست خود گرفت. این دو کشور با هم ۵۷٪ از ظرفیت عملیاتی جدید را در سال ۲۰۱۱ به خود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اختصاص دادند. اتحادیه اروپا تقریباً ۱۷ گیگاوات ظرفیت نصب شده داشته و نزدیک به ۲۲ گیگاوات ظرفیت را متصل به شبکه نموده است. مجموع ظرفیت نصب شده سیستمهای فتوولتائیک تا انتهای سال ۲۰۱۱ در اتحادیه اروپا ۵۱ گیگاوات بوده که این میزان در حدود سه چهارم از کل ظرفیت نصب شده جهانی می باشد. این میزان تقاضای برق بیش از ۱۵ میلیون خانوار اروپائی را پاسخ گو خواهد بود.

در کشور آلمان کل ظرفیت نصب شده به میزان ۲۴,۸ گیگاوات رسیده که میزان ۳,۱٪ از برق تولیدی کشور آلمان را به خود اختصاص می دهد (در سال ۲۰۱۰ این میزان ۱,۹٪ بوده است). [2]

۱-۶- ظرفیت تولید انرژی خورشیدی در ایران
بر اساس برنامه پنجم توسعه باید تا پایان برنامه به میزان ۲,۵ مگاوات سامانه های فتوولتائیک در کشور نصب شود ولی تاکنون بیش از ۲ هزار و ۵۰۰ کیلووات سامانه های فتوولتائیک را در کشور نصب و راه اندازی شده است.

۱-۷- انواع سلول های خورشیدی

در منابع مختلف انواع گوناگونی از تقسیم بندی ها در زمینه سلول های خورشیدی انجام می شود. در اینجا نوعی از این تقسیم بندی را که تا حدی براساس ترتیب زمانی پیدایش آنها نیز می باشد ارائه شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

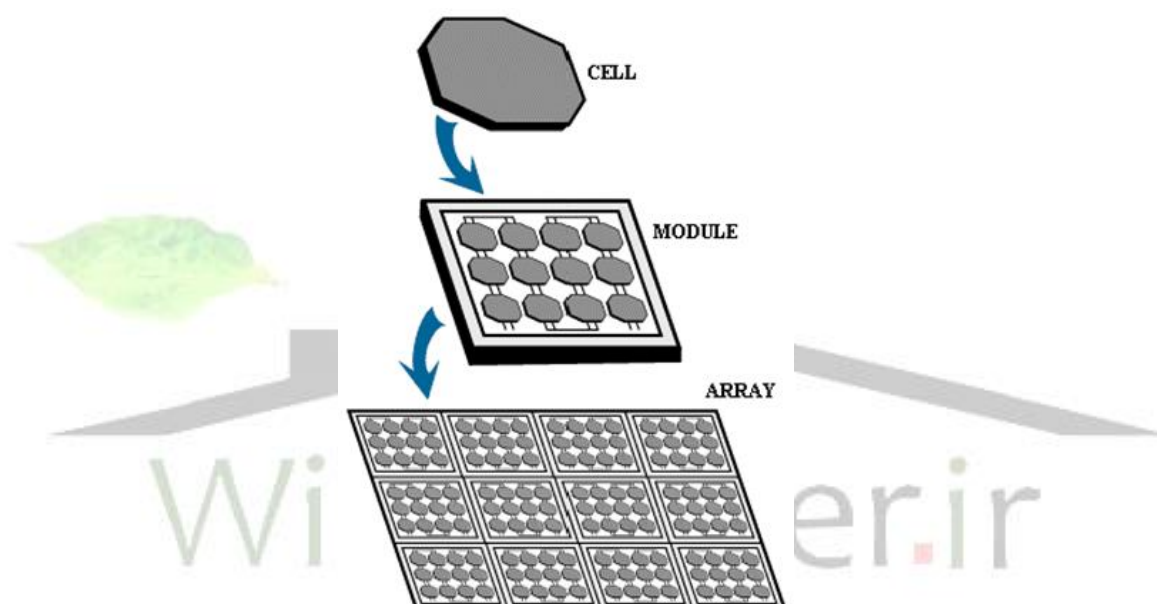
۸-۱- سلول های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون کریستالی

رایج ترین ماده توده برای سلول خورشیدی، سیلیکون کریستالی (c-Si) است. ماده توده سیلیکون

با توجه به نوع کریستال و اندازه کریستال به چندین بخش تقسیم می شود.

۱. سیلیکون تک کریستالی (c-Si)

۲. سیلیکون پلی کریستالی (poly-Si) یا چند کریستالی (mc-Si)



شکل (۱): نحوه قرارگیری سلولها در کنار هم

۹-۱- سلول های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون لایه نازک غیر کریستالی (آمورف)

هزینه پایین یکی از مزایای سلول های خورشیدی بر پایه سیلیکون آمورف (a-Si) می باشد. دو جزء

اصلی آلیاژ a-Si، سیلیکون و هیدروژن است. علاوه براین، مشخصه یک آلیاژ a-Si داشتن ضریب

جذب بالاست. تنها یک لایه نازک برای جذب نور نیاز است و این باعث کاهش هزینه مواد می

شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱-۱۰- سلول های خورشیدی لایه نازک GaAs

اولین لازمه موادی که باید در یک قطعه مبدل انرژی فتوولتائیک خورشیدی به کار برود، تطبیق گاف انرژی با طیف خورشیدی و نیز داشتن قابلیت تحرک بالا و طول عمر حامل های زیاد می باشند. این شرایط توسط بسیاری از ترکیبات II-VI، III-V و Si برآورده می شوند. مواد گروه III-V- علی رغم هزینه های بالای استحصال و ساخت این نیمه هادی ها، با موفقیت زیاد در کاربردهای فضایی که در آنها هزینه، فاکتور مهمی نیست مورد استفاده قرار گرفته اند. در سال ۱۹۶۱، Shockley و Queisser با در نظر گرفتن یک سلول خورشیدی پیوندی به شکل یک جسم سیاه با دمای ۳۰۰ کلوین نشان دادند که بیشترین بازدهی یک سلول خورشیدی صرف نظر از نوع تکنولوژی بکار رفته در آن، ۳۰٪ است که برای سلولی با گاف انرژی ماده برابر ۱,۳۹ eV بدست می آید. با توجه به اینکه انرژی شکاف گالیم آرسناید برابر ۱,۴۲۴ eV است می تواند ماده مناسبی برای طراحی سلول های خورشیدی باشد. سلول های خورشیدی ساخته شده بر پایه لایه نازک GaAs به عنوان نسل دوم سلول های خورشیدی نامگذاری می شوند.

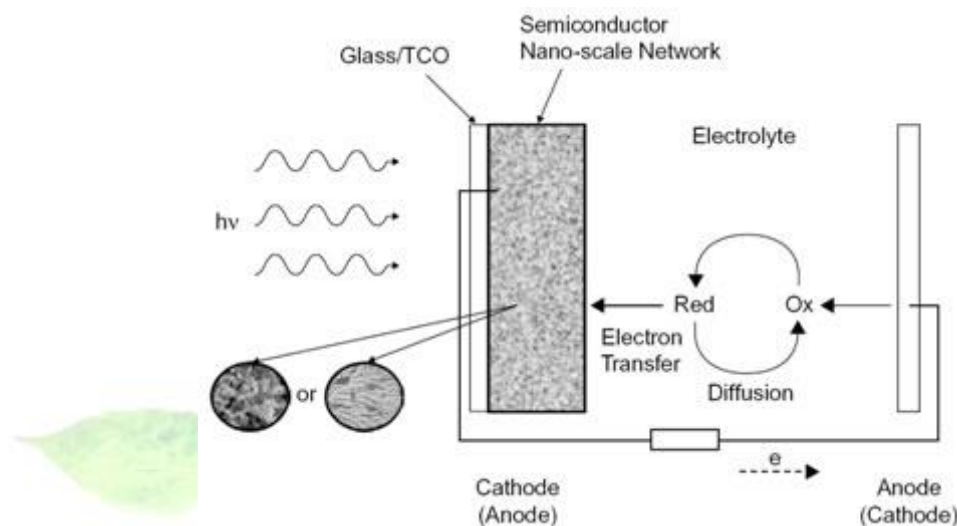
۱-۱۱- سلول های خورشیدی مبتنی بر مواد آلی

سلولهای خورشیدی ساخته شده از مواد آلی در مقایسه با همتایان دیگر خود بازده بسیار کمتری دارند. اما به دلیل هزینه ساخت پایین و همچنین قابلیت هایی مانند انعطاف پذیری برای مصارف غیرصنعتی مناسب هستند. انواعی از سلول های خورشیدی مبتنی بر مواد آلی شامل سلول های خورشیدی حساس به رنگ، سلول های خورشیدی پلیمری و سلول های خورشیدی مبتنی بر کریستال های مایع هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱. سلول های خورشیدی حساس به رنگ (DSSC)

ساختار پایه یک DSSC وارد کردن بهینه یک نیمه هادی نوع n شفاف (با شکاف انرژی پهن) در یک شبکه ای از ستون ها در ابعاد نانو در تماس با نانوذره ها یا برآمدگی های مرجانی شکل است.



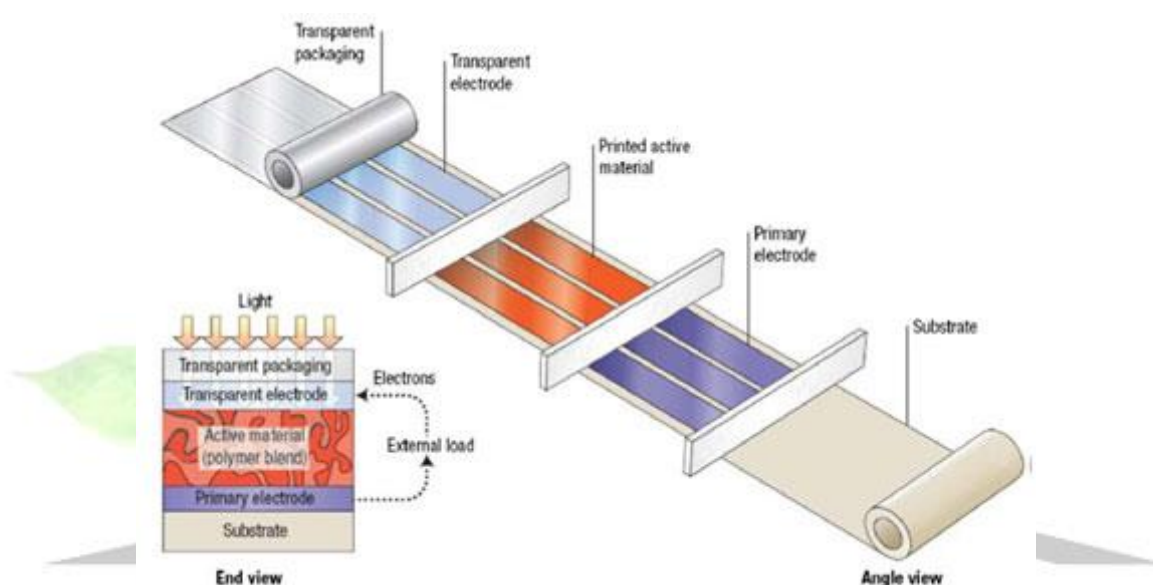
شکل (۲): شماتیک یک سلول خورشیدی حساس به رنگ

سطح شبکه بزرگ طراحی می شود و هر قسمت آن با یک تک لایه ای از یک رنگ یا پوششی از نقاط کوانتومی، که به عنوان رنگ عمل می کنند، پوشانده می شود. سپس یک الکترولیت برای نفوذ ساختار شبکه پوشش داده شده حاصل، مورد استفاده قرار می گیرد تا یک کانال یا مجرای بین رنگ و آند ایجاد کند. رنگ نور را جذب می کند و تولید اکسیتون می کند، که در سطح مشترک رنگ - نیمه هادی تفکیک می شود و منجر به ایجاد الکترون ها توسط فوتون برای نیمه هادی و مولکول های رنگ اکسید شده به وسیله الکترولیت (که باید کاهش یابند و دوباره تولید شوند) می شود.

۲. سلول های خورشیدی پلیمری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

سلول های خورشیدی پلیمری دارای ویژگی های خاصی هستند. چون مواد اکتیو استفاده شده برای ساخت قطعات قابل حل شدن در حلال های آلی بسیاری هستند، بنابراین سلول های خورشیدی پلیمری دارای پتانسیل لازم برای انعطاف پذیری و قابلیت ساخت در یک فرایند چاپ پیوسته همانند چاپ روزنامه را دارند



شکل (۳): قابلیت ساخت سلول های خورشیدی پلیمری به صورت یک فرایند ساخت پیوسته

اخیرا بازده تبدیل توان حدود ۶٪ گزارش شده است ولی این مقدار با مقادیر لازم برای کاربردهای معمول فاصله دارد.

۳. سلول های خورشیدی مبتنی بر کریستال های مایع

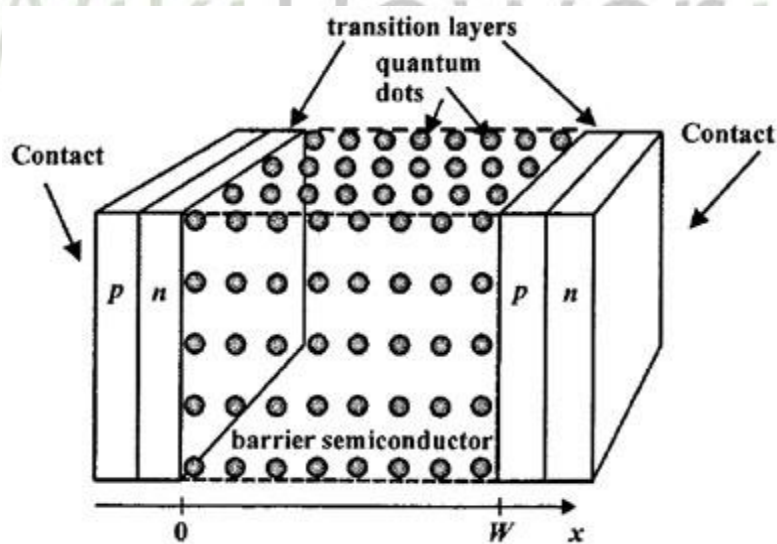
در نمونه ای از سلول های خورشیدی از این نوع از کریستال های مایع ستونی برای ساخت سلول استفاده می شود. گروهی از کریستال های مایع می توانند به حالت ستونی وجود داشته باشند. حالت ستونی حالتی است که مولکول های تشکیل دهنده کریستال های مایع که می توان آنها را به دیسکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تشبیه کرد روی هم قرار گرفته و ستون هایی را تشکیل می دهند. در ابتدا این گروه از کریستال های مایع، کریستال های مایع دیسکی نامیده می شدند. زیرا هر ستون از روی هم چیده شدن صفحات دیسک مانند مولکول ها روی هم درست می شود. تحقیقات اخیر نشان داده است که بعضی از کریستال های مایع ستونی از واحدهای غیر دیسکی ساخته می شوند در نتیجه بهتر است به این گروه از مواد کریستال های مایع ستونی گفته شود.

۱-۱۲- سلول های خورشیدی مبتنی بر نقاط کوانتومی

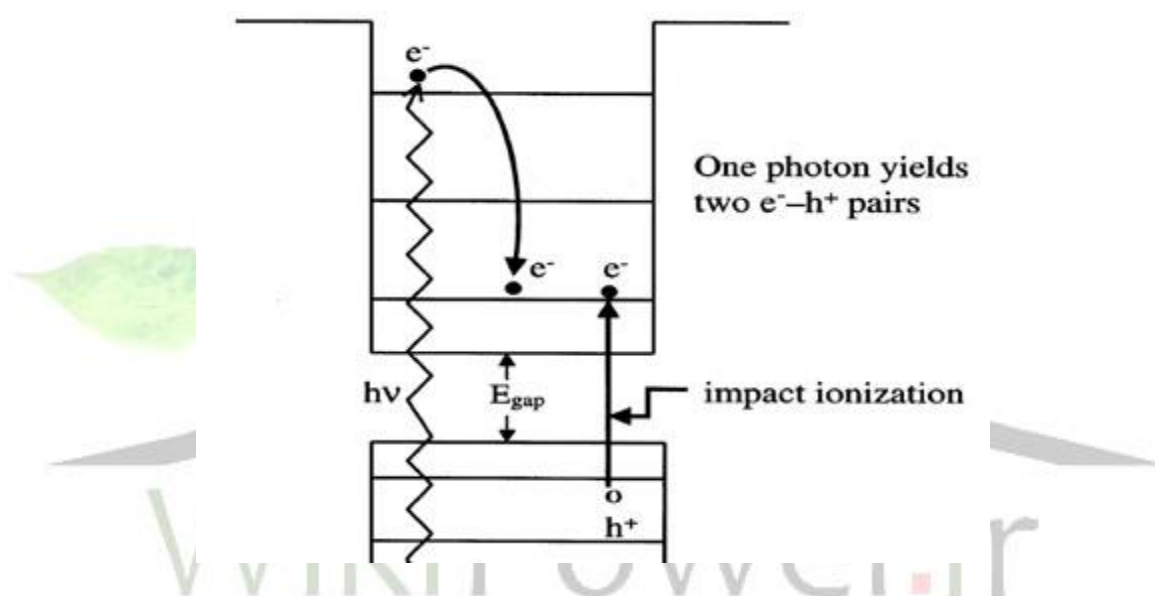
یک فاکتور محدود کننده برای بازده تبدیل انرژی در سلول های خورشیدی با یک شکاف انرژی این است که انرژی فوتون جذب شده بالای شکاف انرژی نیمه هادی در اثر اندرکنش الکترون - فونون به صورت گرما تلف می شود تا حامل ها به لبه شکاف باند انرژی رسیده و به اصطلاح به آرامش برسند.



شکل (۱۴): سلول خورشیدی مبتنی بر نقاط کوانتومی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در سال های اخیر روشهایی برای کاهش این تلفات با استفاده از ساختارهای کوانتومی از جمله چاه های کوانتومی و نقاط کوانتومی ارائه شده است.



شکل (۵): بهبود بازده فتوولتائیک در سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی با استفاده از

یونیزاسیون ضربه ای (اثر اوژه معکوس)

در این ساختارها هنگامی که حامل ها در نیمه هادی به وسیله سد های پتانسیل به نواحی خاصی که کوچکتر یا قابل مقایسه با طول موج دوبروی آنها یا شعاع بوهرا اکسیتون ها در نیمه هادی توده است محدود می شوند، دینامیک آرامش کاملاً متفاوت خواهد بود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

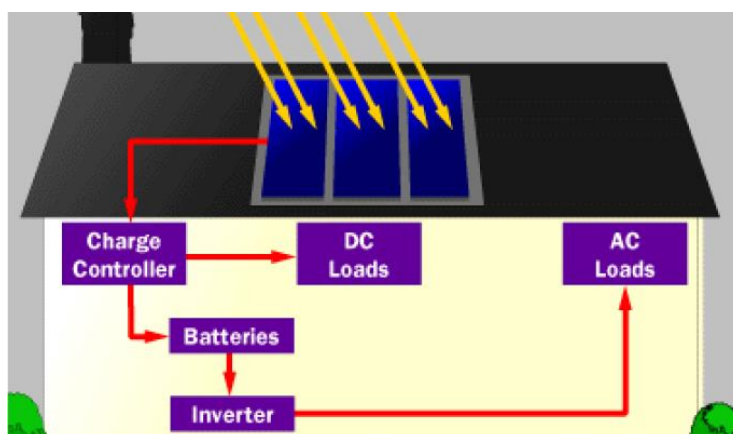
فصل دوم

اجزای کلی سیستم فتوولتائیک

۲- فصل دوم: اجزای کلی سیستم فتوولتائیک

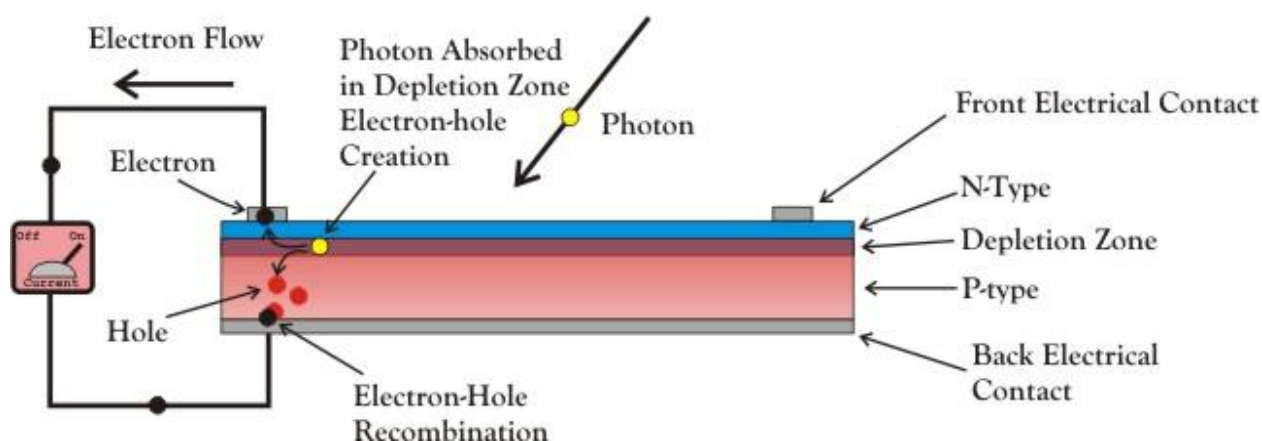
در این فصل به بررسی اجزای یک سیستم فتوولتائیک می پردازیم ، این اجزا در یک سیستم فتوولتائیک ایده آل فرض شده است و وصل شدن به شبکه را در نظر نگرفتیم. اجزای کلی سیستم های فتوولتائیک به شرح زیر می باشند:

پنل خورشیدی ، باتری ، شارژ کنترلر ، اینورتر



شکل (۶): اجزای کلی یک سیستم خورشیدی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۷): نحوه قرارگیری پیوندها و ساختار کلی یک سلول خورشیدی

۲-۲- باتری ها

معمولا برای بالا بردن ضریب اطمینان و تثبیت توان تحویلی در یک لحظه خاص از باتری استفاده می کنند. این قسمت واسط بین مصرف کننده و تولید کننده است بدین صورت که در لحظه ای که توان مصرفی از توان تولیدی کمتر است مقدار توان تولیدی اضافی را در خود ذخیره می کند. در سیستم های فتوولتائیک باتری ها وظیفه پشتیبانی از منبع را دارند بدین صورت که با تغییر میزان تابش و زاویه تابش توان تولیدی توسط سلول ها متغییر می باشد پس باتری می تواند توان خروجی ثابت با ولتاژ خروجی ثابتی را تامین کند. از دیگر مزایای باتری ها در هنگام تامین جریان راه اندازی موتور هاست زیرا در هنگام راه اندازی جریان راه اندازی بالایی را مصرف می کنند.

۲-۳- شارژ کنترلر

شارژ کنترلر وظیفه دارد هنگامی که باتری ها به شارژ کامل رسیدند آنها را از مدار خارج کنند و هنگامی که به دلیل استفاده زیاد از باتری ، شارژ باتری به حد بحرانی رسید اتصال بار را قطع کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

وظیفه دیگر شارژ کنترلر جلوگیری از خطای اتصال کوتاه در سه بخش تولید کننده، مصرف کننده و منابع ذخیره است، به طوری که هم دارای فیوز قطع و هم با استفاده از مدارات محاسبه گر و رله ها خطا را تشخیص داده و اقدام لازم را انجام دهد.

شارژ کنترلر ها در رنج های مختلف جریان دهی ساخته و دسته بندی می شوند. برای استفاده از شارژ کنترلرها در جریان های بالا معمولا توصیه می شود از چند شارژ کنترلر استفاده شود که در این صورت کل سیستم به چند سیستم جدا تقسیم بندی می شود.

۱-۱-۱ - ۱-۳-۳ - دسته بندی شارژ کنترلرها

شارژ کنترلر ها به چهار دسته کلی تقسیم بندی می شوند:

۱-۱-۱ - ۱-۳-۳ - ۲- کنترلر های موازی

از این کنترلر ها در سیستم های کوچک استفاده می شوند، این کنترلر ها توسط مدارات بایپس سیستم را کنترل می کند بدین گونه که ولتاژ باتری ها را اندازه می گیرند و در صورت شارژ کامل از طریق یک ترانزیستور جریان اضافی را تلف می کنند.

در این صورت در زمان شارژ کامل باتری توان اضافی به صورت گرما تلف می شود، عیب این گونه کنترلر ها تلفات زیاد آنهاست.

۱-۱-۱ - ۲-۳-۳ - کنترلر های یک مرحله ای

این کنترلرها هم مانند کنترلرهای موازی عمل می کنند با این تفاوت که در هنگام شارژ کامل باتری، اتصال باتری ها را از صفحات فتوولتاییک قطع می کند و دیگر تلفات گرمایی نداریم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱-۱-۱-۳-۳-۳-۴- کنترلرهای چند مرحله ای

این کنترلرها به طور خودکار یک جریان متناسب با باتری را برای شارژ به باتری اعمال می کنند. هنگامی که سطح شارژ باتری کمترین مقدار خود را داشت بیشترین جریان شارژ را به باتری می دهد و با بالا رفتن سطح شارژ باتری به تدریج جریان شارژ کاهش می یابد. استفاده از این نوع کنترلرها باعث افزایش طول عمر باتری ها می گردد.

۱-۱-۱-۴-۳-۳-۵- کنترلر های پالسی

این کنترلرها مانند کنترلرهای چند مرحله ای است و طرز کار آن بدین گونه است که با کنترل عرض پالس اعمالی متناسب با عرض شارژ، باتری را شارژ می کند. هنگامی که باتری ها در نزدیکی نقطه دشارژ باشند عرض پالس ها حداکثر و هنگام شارژ کامل عرض پالس ها حداقل می گردد.

۲-۴- اینورتر

در اکثر سیستم های خورشیدی، پنل های خورشیدی برای شارژ باطری ها مورد استفاده قرار می گیرند و باطری ها نیز توان مورد نیاز برای وسایل برقی را فراهم می سازند. استفاده از باطری بدین علت است که در شب یا در روزهای ابری که نور خورشید وجود ندارد بتوان از انرژی ذخیره شده در زمان های آفتابی برای مصارف مختلف استفاده نمود.

هم صفحات خورشیدی و هم باطری برق جریان مستقیم ارائه می دهند در حالیکه اکثر وسایل برقی از جریان متناوب استفاده می کنند. به همین علت برای یک سیستم خورشیدی از وسیله ای به نام

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اینورتر استفاده می شود که وظیفه آن تبدیل برق جریان مستقیم پنل های خورشیدی و باطری به جریان متناوب AC مورد نیاز برای وسایل برقی می باشد.

اینورترها به طور کلی به دو نوع تقسیم می شوند:

۱. موج سینوسی بهبود یافته^۱

۲. موج سینوسی صحیح^۲

اینورترهای MSW، ساده تر بوده و جریان مستقیم را به متناوب تبدیل می کنند ولی قادر به تولید موج سینوسی صحیح نمی باشند. برخی از وسایل مانند کامپیوتر فوراً برق AC را به DC تبدیل می کنند و بنابراین به خوبی با اینورترهای MSW کار می کنند. با این حال برخی از وسایل نمی توانند به خوبی با این نوع برق کار کنند و بعضاً در هنگام کار با این نوع برقی صداهای آزار دهنده ای از خود بروز می دهند. اینورترهای TSW گرانتر بوده و برای استفاده خانگی تقریباً همیشه بهترین گزینه بوده اند.

با پیشرفت زمان انواع گوناگونی از اینورترهای خورشیدی ساخته شده اند. یک نوع از آنها که تحت عنوان اینورترهای grid-off شناخته می شوند، از آنهایی هستند که فقط برای استفاده از برق تولید شده را وارد شبکه برق سراسری کنند. نوع دیگر آنها که با نام اینورترهای grid-tie شناخته می شوند به گونه ای ساخته شده اند که قادرند بخشی از برق تولید شده مازاد بر نیاز را به شبکه برق

^۱ MSW

^۲ TSW

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سراسری ارسال نموده و به عبارتی اقدام به فروش برق اضافی به شبکه نمایند. دو ویژگی اساسی که برای این منظور در این نوع از اینورترها وجود دارد یکی همزمان و همسو کردن امواج تولیدی سیستم برق خورشیدی با امواج برق شبکه سراسری می باشد و دیگری افزایش ولتاژ برق خورشیدی تولیدی به میزان ناچیزی بیش از ولتاژ برق شبکه سراسری میباشد به طوریکه سیستم خورشیدی قادر به ارسال برق خود به شبکه باشد. نوع سوم اینورترها، تحت نام میکرو اینورترهای خورشیدی شناخته می شوند و در واقع اینورترهای کوچکی هستند که در مجاورت پنل های خورشیدی نصب شده و برق تولیدی شده توسط صفحات خورشیدی را بلافاصله به برق AC تبدیل می کنند. یکی از مزیت های این نوع اینورترها این است که با استفاده از این نوع اینورترها، در صورت تمایل به افزایش تعداد صفحات خورشیدی و در نتیجه افزایش توان تولیدی نیازی به تعویض و افزایش ظرفیت اینورتر اصلی نخواهد بود. همچنین با استفاده از این اینورترها، انرژی تلف شده در سیم ها از صفحات خورشیدی تا مصرف کننده های نهایی، کاهش می یابد.

۲-۵- روش های ردیابی توان بیشینه در سیستم های خورشیدی

هر سال سلول های خورشیدی بازده بالاتر و قیمت پایین تری پیدا می کنند ولی بازهم قیمت بالا و بازدهی پایینی دارند. متغیر و متناوب بودن مقدار انرژی به دلیل تغییرات جوی و فصول سال و جهت تابش باعث شده است که نتوانیم بازده مناسبی در سیستم های خورشیدی داشته باشیم. از این رو باید از آنچه در اختیار داریم حداکثر بهره را ببریم. برای این منظور باید سیستمی داشته باشیم که صفحات فتوولتائیکی را در سمت نور مستقیم خورشید قرار دهد به این سیستم ردیاب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خورشید می گویند. همچنین باید سیستم الکتریکی داشت که بتواند خروجی صفحات فتوولتاییکی را در نقطه کار مناسب که حداکثر توان انتقالی را داشته باشد قرار دهد. برای قرار دادن صفحات خورشیدی در نقطه حداکثر توان مشکلاتی وجود دارد و آن غیر خطی بودن مشخصه خروجی سلول خورشیدی و همچنین تغییر پذیر بودن این مشخصه نسبت به تابش نور و دماست. از این رو باید سیستمی برای کنترل سلولهای فتوولتاییکی در نظر گرفته که علاوه بر قرار دادن سلول در بهترین نقطه کار، در صورت تغییر این نقطه به واسطه شرایط آب و هوایی بتواند ردیابی مستمر نقطه حداکثر توان انتقالی سیستم را به سرعت یافته و سلول فتوولتاییکی را در نقطه بهینه قرار دهد. این نوع یافتن و ردیابی مستمر را ردیابی حداکثر توان انتقالی^۱ می گویند.

تاکنون تکنیک های مختلفی برای ردیابی حداکثر توان ارائه و اجرا گردیده است اصول کلی روشها را می توان به چهار دسته تقسیم کرد:

دسته اول روش هایی هستند که یک الگوریتم پایه ای را دنبال می کنند از جمله این روش ها می توان به روش آشفته و رعایت P&O و همچنین صعود تپه و رسانایی افزایشی INC اشاره کرد.

اساس روش آشفته و رعایت بر ایجاد آشفتگی بر ولتاژ و مشاهده توان خروجی می باشد که در صورت افزایش توان آشفتگی را در همان مسیر نگه می دارد و نیز در صورت کاهش توان آشفتگی بعدی را معکوس می کند. روش موفق آشفته و رعایت بدون نیاز به پارامترهای سلول خورشیدی، نقطه کار حداکثر را ردیابی می کند. اما از ایرادات وارده به این روش می توان به آشفتگی مستمر

^۱ MPPT

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم اشاره نمود ، به گونه ای که حول نقطه حداکثر توان MPPT با نوسانات کار می کند. اساس روش صعود نیز همانند آشفته و رعایت می باشد.

اساس روش رسانایی افزایشی بر صفر بودن مشتق توان نسبت به ولتاژ و یا نسبت به جریان در نقطه MPPT است و با انجام رسانایی لحظه ای با رسانایی افزایشی نقطه حداکثر توان یافت می شود.

دسته دوم روش های مبتنی بر مدلسازی سلول خورشیدی است ، در این روش ها با مدل کردن سلول های خورشیدی برقراری روابط موجود در مدل ارائه شده ویژگی های سلول خورشیدی قابل پیش بینی خواهد بود و سیستم را مبنی بر مدل طراحی و اجرا می کنند . مشکل اصلی این نوع روش ها نداشتن انعطاف با تغییر سلول خورشیدی با سلول دیگر است، به طوری که هر پیاده سازی مختص به همان سلول خورشیدی است که از پیش برای آن طراحی شده است، علاوه بر مشکل بیان شده یافتن مدل و پارامترهای سلول خورشیدی قبل از طراحی خود مشکل دیگری است. دسته سوم روش های مبتنی بر رابطه موجود بین نقطه کار و پارامترهای سلول خورشیدی است از نمونه های روش به سه روش مطرح شده در زیر می توان اشاره کرد:

روشی که از رابطه تقریباً خطی موجود بین جریان اتصال کوتاه و جریان نقطه کار بهره می برد ، که به آن روش جریان اتصال کوتاه می گویند.

روش دیگر که به نام ولتاژ مدار باز معروف است. اساس روش وجود تابع تقریباً خطی بین ولتاژ نقطه کار و ولتاژ مدار باز سلول است. قطع دوره ای برای اندازه گیری ولتاژ مدار باز باعث ار دست دادن توان در سیستم می شود ، برای مشکل قطع دوره ای روشی ارائه شده است که از یک سلول

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پایه به عنوان راهنما برای تشخیص رفتار کل پنل استفاده می گردد که مشکل جدید عدم قطعیت در اندازه گیری سلول پایه نسبت به کل پنل را به وجود می آورد. روشی دیگر خطی سازی را سه ناحیه تقسیم کرده تا کارایی سیستم را بهبود بخشد.

در هر صورت ، رابطه موجود بین نقطه کار و پارامتر کاملا غیرخطی است . هرگونه تقریب زدن خطی باعث ایجاد خطا در سیستم می شود . همچنین، رابطه خطی تقریبا گرفته شده و با جدول جستجو نیز با تغییر سلول خورشیدی تغییر می کند.

دسته چهارم روش های کنترل هوشمند است که در این نوع روش ها کنترل منطق فازی یا شبکه های عصبی مصنوعی به کار رفته است.

به طور کلی نمی توان هیچ روشی را مطلقا بهترین روش در نظر گرفت ف در حالی که برای انتخاب سیستم ردیابی حداکثر تاون ملاک های متفاوتی از قبیل هزینه ساخت ، سرعت ردیابی ، دقت نقطه یافت شده ، سادگی پیاده سازی ، عمومیت داشتن و ... وجود دارد که هر روشی را در توان های مختلف می توان بهتر و موثرتر در نظر گرفت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۲-۶- روش کنترل MPPT سیستم فتوولتاییک تکفاز متصل به شبکه

در سیستم های فتوولتاییک معایبی وجود دارد که استانداردهای جدیدی وضع شده است که انگیزه ای برای استفاده از این سیستم را بوجود آورده است، از موفقیت های این راه کاهش مقدار هزینه نسبت به توان تولیدی است که برتری را نسبت به منابع تولید توان سنتی بوجود می آورد. تحقیقات در حال انجام با استفاده از روش های زیر باعث کاهش هزینه نسبت به توان تولیدی شده است:

۱. بهبود بازده سلول ها

۲. کاهش هزینه ساخت سلول ها

۳. افزایش بازده سیستم های PV با تمرکز بر پایش توان^۱

در سال های اخیر تلاش های زیادی برای در این زمینه ها انجام شده است که شامل افزایش بازدهی و ساخت پنل های ارزان تر بوده است، یک راه دیگر کاهش نسبت هزینه به توان سیستم های PV این است که بازدهی کلی سیستم را با استفاده از طراحی پایش توان مناسب زیاد کنیم. پایش توان یک قسمت ضروری سیستم های PV است که باید انرژی بهینه انتقالی را از منبع تا بار حساب کند. بهبود بخشیدن کیفیت پایش توان یک بحث کلیدی برای ساخت سیستم های فتوولتاییک است.

طراحی یک پایش توان عموماً شامل دو روش است:

۱. انتخاب مناسب توپولوژی مدار و نوع مبدل قدرت

۲. طراحی کنترلر مناسب برای پایش توان

^۱ power conditioning

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هدف مهم نهایی که وجود دارد این است که هدف پایدارسازی رفتار غیر نوسانی سیستم باشد. برای طراحی اینورتر باید از روش های خطی استفاده کنیم، کنترلرهای خطی زمانی مناسب است که اینورتر حول نقطه ثابتی عمل کند و نوسانات کم باشد. کنترل اینورتر و یکسوسازها زمانی که جریان سینوسی با ولتاژ شبکه را تولید کند از کنترلرهای P+Resonant استفاده می شود.

برای اینورترهای قدرت، بخش کنترلی شامل دو حلقه داخلی و خارجی است که حلقه داخلی شامل PWM و حلقه خارجی نقطه کار PV را در ماکزیمم توان برای هر دما و هر تابشی قرار می دهد. خروجی ترین حلقه به حلقه کنترل داخلی دامنه جریان مرجع مربوط به نقطه کار ماکزیمم PV را ارائه می دهد و بدین وسیله از انتقال توان به شبکه اطمینان می یابیم. کنترلرهای P+Resonant عموماً در کنترلرهای داخلی به ویژه در خروجی اینورتر سیستم های PV متصل به شبکه استفاده می شوند. در این مورد با استفاده از خازن مناسب در قسمت DC به طور تقریبی خروجی اینورتر را مستقل از ویژگی های غیرخطی سیستم خطی می کنیم.

با این وجود، برای اینورتر PV متصل به شبکه تک فاز از روش های خطی می توان استفاده کرد، مثل لاپلاس، به خاطر تقریب کامل رفتار دینامیکی سیستم باید:

۱. منبع PV رفتاری کاملاً غیر خطی که از تمام متغیرهای سیستم تاثیر می گیرد دارد.
۲. مشخصات الکتریکی منبع PV متغیر با زمان است و سیستم حول نقطه کار آن رفتار غیرخطی دارد.

برای حل این مشکلات از روش های کلاسیک معمولی استفاده می کنیم. یکی از روش های کنترل مناسب روش کنترل غیرخطی لیاپانوف است که برای مبدل های قدرت برای پایدار باقی ماندن مطرح

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شده است. این روش هم برای مبدل های DC-DC و هم برای AC-DC کاربرد دارد. برخی از مشکلاتی که برای کنترلرهای غیرخطی ممکن است بوجود بیاید این است که حین پیاده سازی عملی پیچیدگی محاسبات و وابستگی شدید به پارامترهای سیستم مواجه می شویم.



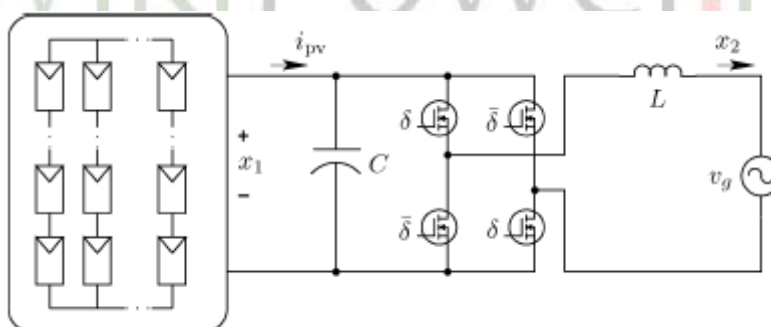
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل سوم

مدل کردن سیستم PV متصل به شبکه (GPV)

۳- فصل سوم: مدل کردن سیستم PV متصل به شبکه (GPV)

در این فصل یک سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه را مدل می کنیم. سیستمی که در نظر می گیریم در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل (۸): طرح اینورتر GPV

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

سیستم شامل پنل های PV است که به تجهیزات شبکه با اینورتر وصل شده است. سیستم های GPV، برای انتقال انرژی پنل ها به تجهیزات شبکه است، به این ترتیب که یک جریان سینوسی است را به شبکه انتقال دهد.

در این مقاله سیستم های GPV را با اینورترهای منحصر به فرد "اینورتر مرکزی" معروف است را مورد بررسی قرار می دهد.

۳-۱- تولید کننده های فتوولتاییک

کلی ترین رفتار کریستال سیلیکون سلول های فتوولتاییک را می توان به صورت زیر مدل کرد:

$$i_{PV_{cell}} = I_{g_{cell}}(G) - I_{sat_{cell}}(T) \left[\exp\left(\frac{V_{PV_{cell}}(T)}{\eta V_{T_{cell}}(T)}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

که در آن $i_{pv_{cell}}$ و $v_{pv_{cell}}$ جریان و ولتاژ سلول هستند و باقیه عبارت، عبارتند از:

- $I_{g_{cell}}(G)$ جریان تولیدی سلول به علت تابش G
- η ضریب انتشار سلول
- $I_{sat_{cell}}(T)$ جریان اشباع معکوس سلول با پیوند p-n که در دمای T عمل می کند.
- $v_{T_{cell}}(T)$ ولتاژ حرارتی پیوند p-n است که متغیر با دماست

با توجه به اینکه سلول های فتوولتاییک در محیط های غیر کنترل شده (از نظر دما و تابش) نصب می شوند، سلول ها دارای تغییرات دما و تابش هستند و برای افزایش دقت $I_{g_{cell}}(G)$ و $I_{sat_{cell}}(T)$ و $v_{T_{cell}}(T)$ باید متغیر با زمان در نظر گرفته شود، بنابراین، این متغیرها سرعت مقایسه اینورترها را کاهش داده که این متغیرها در پاسخ گذرای خیلی کمتر نسبت به دوره تناوب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شبکه تاثیر گذارند. پس ما می توانیم دما و تابش را در یک دوره تناوب، T_g ، ثابت فرض کنیم. برای کریستال های سیلیکون سلول خورشیدی ما می توانیم با دقت کافی معادله حاکم را براساس پارامترهای تابش و دما را بنویسیم.

برای آنالیز ساده تر، فرض می کنیم که رفتار سلول های فتوولتائیک تعریف شده است:

$$i_{pv} = \Lambda - \rho(v_{pv}) \quad (2)$$

که i_{pv} و v_{pv} ولتاژ و جریان PV و Λ قسمتی از تولید کننده جریان PV است که به تابش وابسته است. آخرین قسمت معادله (۲) نشان دهنده رابطه بین ولتاژ و جریان فتوولتائیک است.

$$\rho(v_{pv}) = \psi \exp(\alpha v_{pv}) \quad (3)$$

ψ و α پارامترهای وابسته به فتوولتائیک است. با توجه به معادله ۱، پارامترها را می توان به صورت

$$\Lambda = (I_{gcell} + I_{satcell})n_p \quad \text{و} \quad \psi = I_{satcell}n_p \quad \text{و} \quad \alpha = \frac{n_s}{\eta v_{Tcell}} \quad \text{که} \quad n_p \quad \text{و} \quad n_s \quad \text{تعداد پنل هایی}$$

است که به صورت سری و موازی وصل شده اند.

۳-۲- سیستم پایش توان

در شکل ۱ یک اینورتر مرکزی تمام موج نمایش داده شده است که در آن x_1 و x_2 مقدار متوسط ولتاژ خازن ورودی و جریان سلف خروجی است. ولتاژ شبکه v_g به صورت سینوسی فرض شده است که در آن دامنه ثابت A و فرکانس ثابت ω را به شکل $A \sin \omega t$ داراست. اینورتر شامل ۴ سویچ کنترل شده با سیگنال های δ و $\bar{\delta}$ است که مقادیر ۰ و ۱ را به خود می گیرند. سیگنال سویچ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کنترل توسط یک PWM تولید می شود که دارای بهره $1 < u < 1$ تولید شده توسط کنترلر است، این بدین معنی است که اگر فرکانس سویچ زنی به اندازه کافی زیاد شده باشد رفتار دینامیکی سیستم GPV را می توانیم توسط معادلات دیفرانسیل تقریب بزیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} C \frac{dx_1}{dt} = -ux_2 + \Lambda - \rho(x_1) \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} L \frac{dx_2}{dt} = ux_1 - v_g \end{array} \right. \quad (5)$$

۳-۳- اهداف کنترلی

اینورتر شکل ۱ باید توانایی انتقال انرژی به شبکه را با بازده بالا را داشته باشد. برای این هدف ما به موارد زیر احتیاج داریم:

C1) جریان سینوسی فاز را با ولتاژ مناسب به شبکه تحویل دهد.

C2) کنترل ولتاژ خازن ورودی در مقداری که باعث اطمینان از عبور ماکزیم توان سیستم فتوولتائیک شود.

با توجه به C2 لازم به ذکر ایت که ولتاژ خازن با توجه به نقطه کار ماکزیم فرض می شود (MPPT)، الگوریتم MPPT براساس تغییر دما و تغییر تابش عمل می کند و بنابراین حالت دینامیکی اینورتر را به آرامی تغییر می دهد.

با توجه به $C \frac{dx_1}{dt} = -ux_2 + \Lambda - \rho(x_1)$ و قسمت مدل کردن سیستم PV متصل به شبکه اهداف C1, C2 به صورت $\{x_1, x_2\} = \{x_{1r}, x_{2r}\}$ تبدیل می شود که در آن:

$$x_{2r} = A_{Ir} \sin \omega t \quad (6)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

و x_{1r} مقداری از x_1 است که در آن $P_{pv}(x_1)$ ماکزیمم است. مقدار توان تولیدی PV برابر است با $P_{pv}(x_1) = x_{1r} i_{pv}$.

در حالت ایده آل، x_{1r} باید ثابت فرض شود تا مطمئن شویم که نقطه کار همیشه در نقطه کار ماکزیمم باقی بماند. گرچه با توجه به طبیعت اینورترها امکان ندارد که خروجی سینوسی کامل با ولتاژ ثابت باشد. معادله تعادل انرژی سیستم به صورت زیر بدست می آید:

$$x_{1r} C \frac{dx_{1r}}{dt} + x_{2r} L \frac{dx_{2r}}{dt} = \Lambda x_{1r} - x_{1r} \rho(x_{1r}) - v_g x_{2r} \quad (7)$$

توجه کنید که معادله بالا مستقل از سیگنال کنترل u است. با توجه به معادله بالا و $x_{2r} = A_{Ir} \sin \omega t$ داریم:

$$C \frac{dx_{1r}}{dt} = \frac{P_{pv}(x_{1r})}{x_{1r}} + \frac{AA_{Ir}}{2x_{1r}} (\cos 2\omega t - \frac{A_{Ir}}{A} L \omega \sin 2\omega t - 1) \quad (8)$$

که در معادله بالا $P_{pv}(x_{1r}) = x_{1r} \Lambda - x_{1r} \psi \exp(\alpha x_{1r})$.

از رابطه ۸ روشن است که x_{1r} متغیر با زمان است پس متغیر با زمان بودن x_{1r} یک تغییر ناخواسته است زیرا نقطه کار را از ماکزیمم بودن جابجا می کند. راه حل عملی آن که به طور گسترده در طراحی اینورتر استفاده می شود این است که مقدار خازن C را مقداری به اندازه کافی بزرگ قرار دهیم تا نوسانات حول نقطه کار ماکزیمم را کم کنیم.

برای راحتی کار معمولا x_{1r} را همان انرژی ذخیره شده در خازن فرض می کنند به عبارتی $\tilde{\epsilon} =$

$\frac{1}{2} C x_{1r}^2$ و از ترکیب با معادله ۸ بدست می آید:

$$\dot{\tilde{\epsilon}} = P_{pv}(\tilde{\epsilon}) + \frac{AA_{Ir}}{2} (\cos 2\omega t - \frac{A_{Ir}}{A} L \omega \sin 2\omega t - 1) \quad (9)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به جای حل دقیق معادله ۹ از خطی شده آن استفاده می کنیم. برای اینکار باید C را به اندازه کافی بزرگ در نظر بگیریم تا تقریب خطی شده معادله ۹ دقت خوبی داشته باشد. خطی سازی تابع

غیرخطی $P_{pv}(\tilde{\xi})$ حول مقدار DC مقدار $\tilde{\xi}$:

$$P(\tilde{\xi}) = P_{pv}(\bar{\xi}) + m(\tilde{\xi} - \bar{\xi}) \quad (10)$$

$$m = \frac{dP_{pv}(\tilde{\xi})}{d\tilde{\xi}} = \bar{\xi} = \frac{(\Lambda - \psi \exp\left(\alpha\sqrt{\frac{2\tilde{\xi}}{C}}\right)\left(1 + \alpha\sqrt{\frac{2\tilde{\xi}}{C}}\right))}{C\sqrt{\frac{2\tilde{\xi}}{C}}} \quad (11)$$

و معادله ۹ به صورت زیر ساده می شود:

$$\dot{\tilde{\xi}} = P_{pv}(\bar{\xi}) + m(\tilde{\xi} - \bar{\xi}) - 0.5A_{Ir}^2 L \omega \sin 2\omega t - 0.5AA_{Ir} + 0.5AA_{Ir} \cos 2\omega t \quad (12)$$

از معادله قبل مشخص است که $\tilde{\xi}$ دارای جز سینوسی است:

$$\tilde{\xi} = \bar{\xi} + a_1 \cos 2\omega t + b_1 \sin 2\omega t \quad (13)$$

از معادله ۱۲ مشخص است که:

$$-2a_1\omega \sin 2\omega t + 2b_1 \cos 2\omega t = P_{pv}(\bar{\xi}) - 0.5AA_{Ir} - (0.5AA_{Ir} + ma_1) \cos 2\omega t$$

مقادیر A_{Ir} , a_1 , b_1 عبارتند از:

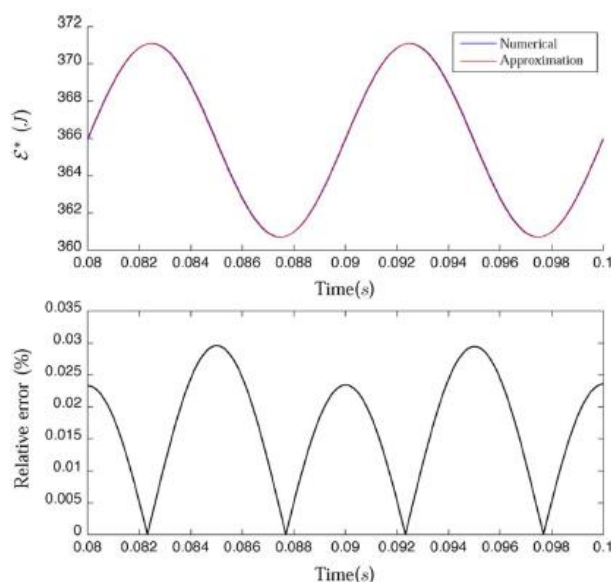
$$A_{Ir} = \frac{2P_{pv}(\bar{\xi})}{A} = \frac{P_{pv}(\bar{x}_{1r})}{A} \quad (14)$$

$$a_1 = \frac{0.5AA_{Ir}(2k\omega L - m)}{4\omega^2 + m^2} \quad (15)$$

$$b_1 = \frac{0.5AA_{Ir}\omega(kmL + 2)}{4\omega^2 + m^2} \quad (16)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر $\tilde{\epsilon}$ معادله ۱۳ دامنه جریان خروجی باشد، A_{Ir} فقط به مقدار DC ولتاژ $\overline{x_{1r}}$ بستگی دارد. در نتیجه، A_{Ir} در هر لحظه با x_{1r} متفاوت است (زمانی که الگوریتم MPPT مقدار جدیدی را برای $\overline{x_{1r}}$ بیان می کند).



شکل ۹ مقایسه $\tilde{\epsilon}$ با تقریب و بدون تقریب

برای معتبر ساختن تقریب معادله $\tilde{\epsilon}$ دو شبیه سازی انجام شده اسن. اولین شبیه سازی به صورت عددی و بدون تقریب مقدار $\tilde{\epsilon}$ را بدست آورده است. در شبیه سازی دوم مقدار سیگنال $\tilde{\epsilon}$ با پارامترهای A_{Ir} و b_1 بیان شده است. دو مقدار ϵ با مقدارهای یکسان A_{Ir} حساب شده است. پارامترهای اینورتر عبارتند از $L = 1mH$ و $C = 2.2mF$. نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. دو سیگنال با ماکزیمم خطای ۰,۰۳٪ یکسان هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۴- کنترلر پیشنهادی

کنترلر پیشنهادی بدین منظور است که سیستم بتواند ولتاژ را طوری دنبال کند که مقدار توان خروجی در حالت بهینه باشد و هدف نهایی که برای ما مهم است این است که پایدارسازی رفتار غیر نوسانی سیستم باشد. برای طراحی اینورتر باید از روش های خطی استفاده کنیم، کنترلرهای خطی زمانی مناسب است که اینورتر حول نقطه ثابتی عمل کند و نوسانات کم باشد به منظور پیاده سازی قانون کنترل غیر خطی، طراحی کنترلر به دو روش تقسیم می گردد:

(P1) مرحله طراحی تحلیلی، کنترل سیستم حلقه بسته پایدار براساس سیستم غیر خطی

(P2) مرحله طراحی عملی، که تمام جنبه های عملی سیستم مدنظر باشد.

برای شروع یک اینورتر تعریف می کنیم:

$$\begin{cases} C \frac{dx_{1r}}{dt} = -u_r x_{2r} + \hat{\Lambda} - \rho(x_{1r}) \\ L \frac{dx_{2r}}{dt} = u_r x_{1r} - v_g \end{cases} \quad (17)$$

در حالاتی x_{1r} و x_{2r} ایده آل هستند که ولتاژ خازن و جریان خروجی مناسب باشند و $\hat{\Lambda}$ مقدارش

از Λ بدست می آید. فرض می کنیم که x_{1r} و x_{2r} از رابطه ۴ و ۶ گرفته شده است. سیگنال u_r

به طور زیر بدست می آید:

$$u_r = \frac{Lx_{2r} + v_g}{x_{1r}} \quad (18)$$

فرض می کنیم e_1 و e_2 و e_u و e_Λ را خطای بین مقادیر واقعی و مقادیر مرجع می باشد. یعنی:

$$e_1 = x_1 - x_{1r}, e_2 = x_2 - x_{2r}, e_u = u - u_r, e_\Lambda = \Lambda - \hat{\Lambda}$$

پس معادله دینامیکی سیستم به معادله زیر تبدیل می شود:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\begin{cases} C(\dot{e}_1 + x_{1r}) = -(e_u + u_r)(e_2 + x_{2r}) + e_\Lambda + \hat{\Lambda} - \rho(x_{1r}) - e_\rho(e_1, x_{1r}) \\ L(\dot{e}_2 + x_{2r}) = (e_u + u_r)(e_1 + x_{1r}) - v_g \end{cases} \quad (19)$$

که $\rho(x_1) = \rho(x_{1r}) + e_\rho(e_1, x_{1r})$ به صورت تجزیه شده

$$e_\rho(e_1, x_{1r}) = \psi[\exp(\alpha x_{1r} + \alpha e_1) - \exp(\alpha x_{1r})]$$

می توانیم سیگنال کنترلی که بازده ماکزیمم سیستم حلقه بسته را از آن بدست می آید را از دینامیک خطای سیستم بدست آوریم. سیگنال کنترل u از دو عنصر ترکیب شده است که یکی سیگنال کنترلی u_r با توجه به معادله ۱۸ و دیگری e_u طراحی شده براساس دینامیک خطای سیستم.

این خطا از ترکیب معادلات ۱۷ و ۱۹ بدست می آید:

$$\begin{cases} C\dot{e}_1 = -u_r e_2 - e_u(x_{2r} + e_2) + e_\Lambda + e_\rho(e_1, x_{1r}) \\ L\dot{e}_2 = u_r e_1 + e_u(x_{1r} + e_1) \end{cases} \quad (20)$$

توجه کنید در این مورد نه تنها e_u را ترکیب کردیم بلکه خطا را نیز پایدار کردیم، اما نباید پارامتر Λ را نیز برای ساخت $\hat{\Lambda} = \Lambda$ تخمین زنیم.

برای اثبات آنالیز پایداری کنترلر پیشنهادی، باید e_u و Λ را آنالیز کنیم. برای تخمین $\hat{\Lambda}$ ، قانون زیر از معادله ۱۹ گرفته شده است:

$$\hat{\Lambda} = \text{prj}\{\gamma e_1\} = \begin{cases} \gamma e_1, & \hat{\Lambda} > \varepsilon \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (21)$$

که در معادله بالا γ بهره و $\text{prj}\{0\}$ اپراتوری است که به ما $\hat{\Lambda} > \varepsilon > 0$ را اطمینان می دهد.

پایداری خطا (معادله ۲۰) را می توان توسط قانون لیپانوف بدست آورد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$H = 0.5Ce_1^2 + 0.5Le_2^2 + \frac{1}{2\gamma}e_\Lambda^2 \quad (22)$$

از رابطه بالا مشتق می گیریم:

$$\dot{H} = e_u(x_{1r}e_2 - x_{2r}e_1) - e_1e_\rho(e_1, x_{1r}) + e_\Lambda e_1 + \frac{1}{\gamma}e_\Lambda \dot{e}_\Lambda \quad (23)$$

اگر معادله بالا منفی باشد سیستم حلقه بسته پایدار باقی می ماند ، $\dot{H} < 0$.

e_u را به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$e_u = -k(x_{1r}e_2 - x_{2r}e_1) \quad (24)$$

که در آن $k > 0$ پارامتر کنترل است پس اولین قسمت معادله ۲۳ همیشه منفی می ماند:

$$\dot{H} = -k(x_{1r}e_2 - x_{2r}e_1)^2 - e_1e_\rho(e_1, x_{1r}) + e_\Lambda e_1 + \frac{1}{\gamma}e_\Lambda \dot{e}_\Lambda \quad (25)$$

با توجه به اینکه Λ ثابت است $\dot{e}_\Lambda = -\hat{\Lambda}$. با توجه به معادله ۲۱ و $\dot{e}_\Lambda = -\gamma e_1$ و با توجه به تابع

تبدیل لیاپانوف معادله ۲۵:

$$\dot{H} = -k(x_{1r}e_2 - x_{2r}e_1)^2 - e_1e_\rho(e_1, x_{1r}) \quad (26)$$

تابع $e_1e_\rho(e_1, x_{1r})$ همیشه مثبت است با توجه به اینکه تابع $\rho(0)$ اکیدا صعودی است. مثلا تابع

$e_\rho(e_1, x_{1r})$ زمانی که $e_1 = x_1 - x_{1r} > 0$ باشد مثبت است. پس سیستم حلقه بسته معادله

۱۹ که از سیگنال کنترلی معادله ۱۸ و ۲۴ و ۲۱ استفاده می کند کاملا پایدار است.

۳-۵- ملاحظات عملی

در این بخش ملاحظات عملی با توجه به قوانین کنترل بخش های قبل انجام می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۱-۲ - ۳-۵-۱ - محاسبات

طرح کنترل شامل معادلات ۷ و ۱۸ و ۲۱ و ۲۴ است. در این معادلات محاسبه عملی معادله ۷ مشکل است، نه فقط به دلیل اینکه از روش غیر خطی باید حل شود بلکه باید به روش عددی نیز حل گردد، معادله ۷ به منظور بدست آوردن دامنه جریان مرجع ضروری است.

از مقدار DC x_{1r} توسط الگوریتم MPPT ارائه می شود. برای مقادیر بزرگ C، معادله ۷ را می توان مانند معادله ۱۳ تقریب زد و در نتیجه آن یک معادله ساده A_{Ir} بدست می آید:

$$A_{Ir} = \frac{2P_{pv}\overline{x_{1r}}}{A} = \frac{2\overline{x_{1r}}(\hat{\Lambda} - \rho(\overline{x_{1r}}))}{A} \quad (27)$$

۱-۱-۳ - ۳-۶-۲ - تغییر ناخواسته پارامترها

مزیت کنترلر پیشنهادی فقط برای تغییرات اندک پارامتر Λ ثابت شده است. در این بخش تاثیر تغییرات پارامترهایی که می شناسیم را در قانون کنترل بحث می نماییم. L را نامعلوم در نظر می گیریم و فرض می کنیم که L با \hat{L} مساوی نیست و \hat{L} اندوکتانس استفاده شده در کنترلر است و داریم:

$$\begin{cases} C \frac{dx_{1r}}{dt} = -u_r x_{2r} + \hat{\Lambda} - \rho(x_{1r}) \\ \hat{L} \frac{dx_{2r}}{dt} = u_r x_{1r} - v_g \end{cases} \quad (28)$$

خطای دینامیکی معادله ۲۰ به صورت زیر اصلاح می شود:

$$\begin{cases} C\dot{e}_1 = -u_r e_2 - e_u(x_{2r} + e_2) + e_\Lambda - e_\rho(e_1, x_{1r}) \\ \hat{L}\dot{e}_2 - e_L \dot{x}_{2r} = u_r e_1 + e_u(x_{1r} + e_1) \end{cases} \quad (29)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

که $e_L = L - \hat{L}$ است. با استفاده از قوانین ۱۸ و ۲۱ و ۲۴ و استفاده از قانون لیاپانوف ۲۲ می توانیم معادله دیفرانسیل زیر را نتیجه بگیریم:

$$\dot{H} = -k(x_{1r}e_2 - x_{2r}e_1)^2 - e_1e_p(0) - e_2e_Lx_{2r} \quad (30)$$

معادله با شبیه به معادله ۲۶ است با این تفاوت که L, \hat{L}, x_2, x_{2r} وجود دارد. برای اینکه کنترلر تحت تاثیر تغییرات L نباشد و آخرین ترم معادله ۲۶ بر معادله تسلط یابد باید پارامتر کنترل K به اندازه کافی بزرگ باشد.

در حالت ماندگار e_2 دارای دوره تناوب T_g است و آخرین قسمت معادله ۲۶ محدود است پس سیستم پایدار BIBO باقی می ماند.

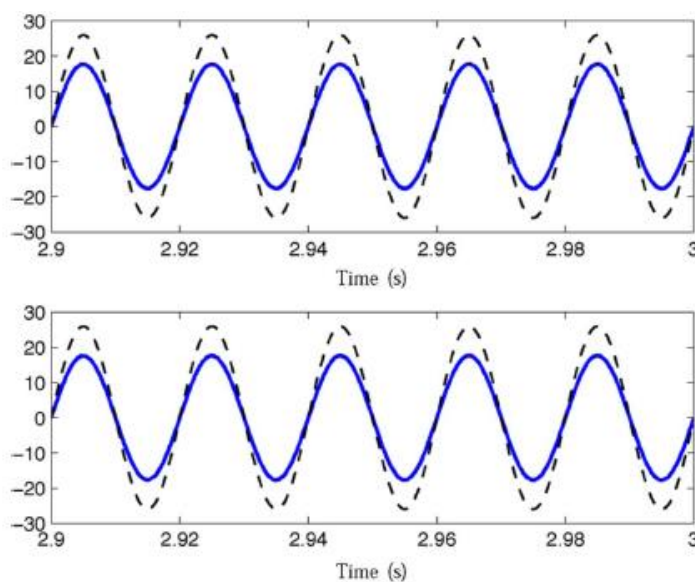
باتوجه به معادله ۱۸ می توان تاثیر اندوکتانس را زمانی که $L\omega A_{Ir} \ll A$ ناچیز فرض کرد. که A_{Ir} مربوط به زمانی است که توان خروجی فتوولتاییک ماکزیمم است.

با توجه به معادله ۲۷، شرط مزبور می تواند به صورت $\max(P_{pv}) \ll \frac{A^2}{2L\omega}$ نوشته شود. که در این معادله زمانی که اینورتر به صورت نرمال کار کند اعتبار دارد مثل سیستم های فتوولتاییک مناطق مسکونی.

برای مثال در مورد سیستم فتوولتاییک مناطق مسکونی متصل به شبکه اروپا با $A = 312v$ معادله اندوکتانس ۱۸ را می توان ناچیز فرض کرد وقتی که $L \ll 51mH$. شکل ۳ نتایج شبیه سازی خروجی جریان سیستم $3.25kw$ استفاده شده است را نشان می دهد که در این اینورتر همانند اینورتر شکل ۱ دارای مشخصات $L = 2mH, C = 2.2mF, v_g = 312 \sin 100\pi t$ می باشد.

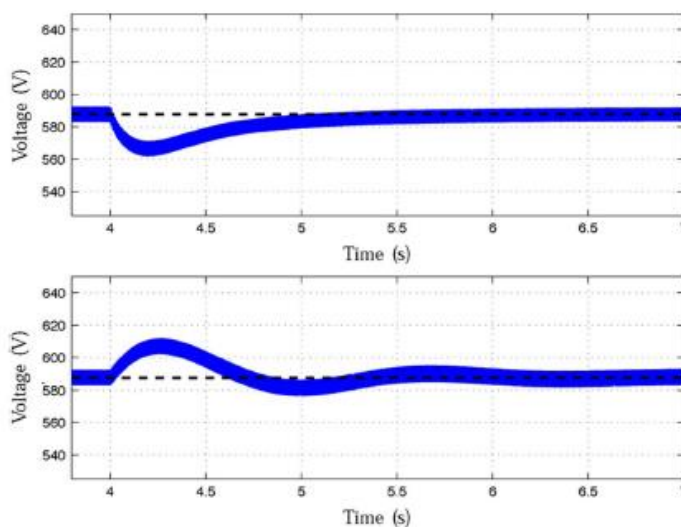
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

به منظور بررسی مزایای کنترلر پیشنهادی ابهاماتی مثل تغییرات α, ψ را در نظر نمی گیریم. برای شبیه سازی سیستم شکل ۱ را در نظر می گیریم که $L = 2mH, C = 2.2mF, v_g = 312 \sin 100\pi t$ و فتوولتاییک با پیک قدرت $3.3kw$ ، جریان اتصال کوتاه $6.1A$ و ولتاژ مدار باز $678v$ در $1000 \frac{W}{m^2}$ و $\Lambda = 6.1$ و $\alpha = 0.026$ و $\psi = 1.35 * 10^{-7}$. شبیه سازی مدار ۲ تغییر برای α, ψ از $\pm 5\%$ در $t = 4s$ است. که مقدار متوسط ولتاژ $587.8v$ است. نتایج شبیه سازی در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است.

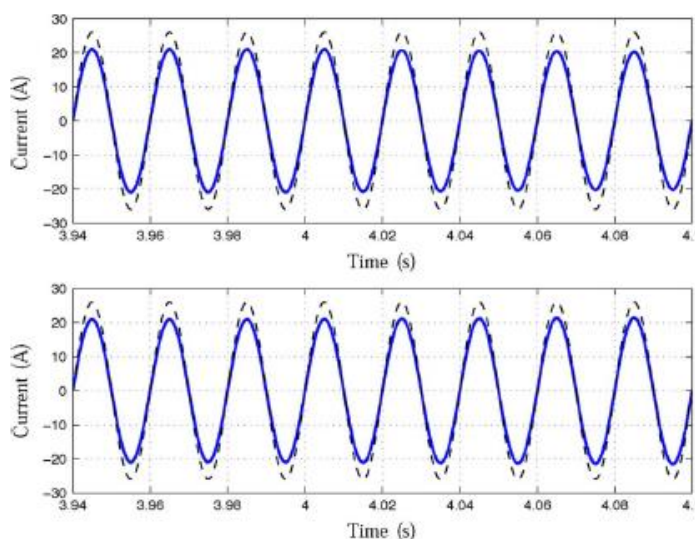


شکل (۱۰)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۱): تغییرات برای 5% شکل بالا و 5%- شکل پایین تغییرات ψ در ولتاژ نامی



شکل (۱۲): تغییرات برای 5% شکل بالا و 5%- شکل پایین تغییرات ψ در $1/12$ ولتاژ نامی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم

طرح کنترلی اینورتر سه فاز فتوولتائیک برای مینیمم کردن جریان فاز حین نامتعادلی

۴- فصل چهارم: طرح کنترلی اینورتر سه فاز فتوولتائیک برای مینیمم کردن

جریان فاز حین نامتعادلی

تعداد منابع انرژی نو متصل به شبکه به طور قابل توجهی در حال افزایش است که در میان منابع تجدید پذیر تکنولوژی سلول های فتوولتائیک یکی از مهمترین کاندیدهاست که نقش مهمی را در آینده تولید برق ایفا می کند. ارتباط سیستم های فتوولتائیک به شبکه زمانی که شبکه دچار اختلال است تاثیر منی بر سیستم فتوولتائیک می گذارد. یکی از مهمترین اختلال ها افت ولتاژ تک فاز یا چندفاز است. علل افت ولتاژها متفاوت است به طور مثال اتصال کوتاه تک یا چند فاز ، اضافه بار ، استارت موتور ، صاعقه و... طبق استاندارد ها زمانی که افت ولتاژ در شبکه رخ می دهد باید منبع تولید توان متصل به شبکه بماند ، در هنگام افت ولتاژ تک یا چند فاز در نقطه اتصال مشترک^۱ ولتاژ

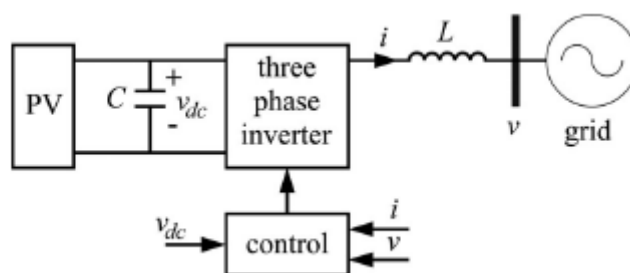
^۱ PCC

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افت پیدا کرده و برای تزریق توان ثابت باید جریان افزایش یابد، پس باید سیستم PV از قابلیت اطمینان بالایی در تزریق جریان بالا برخوردار باشد. این اضافه جریان گاهی تا دو برابر مقدار نامی می رسد می تواند خسارات زیادی را به شبکه وارد نماید. استفاده از فیوزها در حفاظت برای اضافه جریان ها در سیستم های توزیع معمول است ولی برای شبکه های ضعیف و سیستمهای تولید پراکنده این کار مشکل آفرین است. برای حل مشکلات ناشی از افت ولتاژ دو راه کار داریم یکی برطرف کردن افت ولتاژ و دیگری کاهش اضافه جریان می باشد. یک سیستم دو طبقه می تواند جریان و ولتاژ را در PCC جبران کند و کیفیت توان را بهبود بخشد ولی هزینه آن زیاد است . سیستم دو طبقه اینورتر برای کاهش اضافه جریان ناشی از افت ولتاژ یک امپدانس مجازی را قرار می دهد ولی چون توان مصرف می کند برای ما مشکل آفرین است. از سویی دیگر برای حل مشکل اضافه جریان راه حل دیگری نیز وجود دارد که بر کنترل تکیه دارد.

ما یک کنترلر برای اینورتر PV طرح می کنیم که پیک جریان را حین افت ولتاژ کاهش می دهد.

۴-۱ - اینورتر سه فاز متصل به شبکه



شکل (۱۳): اینورتر سه فاز PV متصل به شبکه

در این شکل یک خازن بزرگ بین قسمت DC و اینورتر قرار دارد تا توان بین PV و تجهیزات را جدا کند. ولتاژ خازن باید برای تحویل ماکزیمم توان مجاز PV در شرایط مختلف کنترل شود ،

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بدین منظور یک MPPT وظیفه قرار دادن نقطه کار PV در شرایطی که توان بهینه تحویل داده شود را بر عهده دارد. با استفاده از این ولتاژ مرجع و اندازه گیری ولتاژ خازن، v_{dc} ، یک کنترلر ولتاژ خارجی مقدار مرجع توانی را که باید به شبکه تزریق شود، p_r ، را فراهم می نماید. اینورتر با استفاده از اندوکتانس به شبکه کوپل می گردد. جریان برداری i ، که از طریق اینورتر باید به شبکه تحویل شود به توان تولیدی منبع p_s وابسته است و باید با ولتاژ v شبکه سنکرون گردد.

۲-۴- مشخصات افت ولتاژ

امروزه اکثر سیستم های PV به شبکه متصلند و نسبت به اختلالات موجود در شبکه آسیب پذیرند که از بین آنها افت ولتاژ ضربه بزرگی را به سیستم می زند. استاندارد های مختلفی در این مورد بوجود آمده که بر اساس طول زمان مختلفند، که trip times نام دارند. برای رسیدن به هدف این استاندارد ها، کنترلرها باید از قابلیت هایشان برای رفع افت ولتاژ در PCC استفاده کنند، پس ولتاژ و جریان برداری تحت افت ولتاژ باید به درستی مشخص گردند.

زمانی که افت ولتاژ نامتعادل رخ می دهد، ولتاژ زمانی می توند توسط تئوری فورتسکیو^۱ توصیف گردد. توسط این تئوری، فازورهای نامتقارن را می توان توسط توالی فاز های متقارن توصیف کرد که بر اساس توای های مثبت v^+ و منفی v^- و صفر v^0 بیان گردد. جریان را هم می توان توسط همین روش مشخص کرد.

$$v = v^+ + v^- + v^0 \quad (31)$$

$$i = i^+ + i^- + i^0 \quad (32)$$

^۱ Fortescue

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

لازم به ذکر است که سیستم های سه سیم توالی های صفر ولتاژ و جریان ندارند. با توجه به ولتاژ

فاز لحظه ای ، ترکیب ولتاژ برداری در سیستم سه سیم به صورت زیر است:

$$v_a = v^+ \cos(\omega t + \varphi^+) + v^- \cos(\omega t + \varphi^-) \quad (33)$$

$$v_b = v^+ \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi^+\right) + v^- \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \varphi^-\right) \quad (34)$$

$$v_c = v^+ \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \varphi^+\right) + v^- \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi^-\right) \quad (35)$$

که v^+ و v^- دامنه توالی های فاز مثبت و منفی هستند ، ω فرکانس شبکه و φ هم اختلاف فازهای

توالی هاست. فاکتور مهمی برای اندازه گیری تغییر ولتاژ هنگام افت ولتاژ فاکتور نامتعادلی ولتاژ

است که این فاکتور به صورت $\frac{v^-}{v^+}$ تعریف می شود.



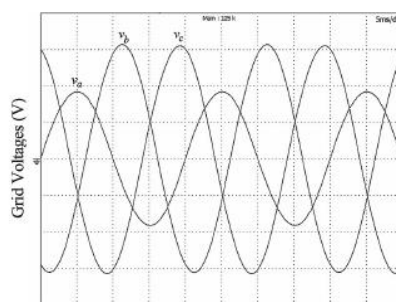
$$n = \frac{v^-}{v^+} \quad (36)$$

فاکتور نامتعادلی فقط به ما خصوصیات جزئی افت ولتاژ را می دهد ، به طور مثال سه افت ولتاژ در

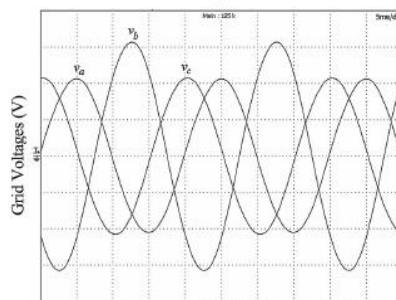
شکل ۷ نشان داده شده است که $n = 0.3$ است. اما با شکل موجهای ولتاژ مختلف. این اطلاعات

جزئی برای آنالیز اینورتر PV و طراحی استراتژی کنترل مناسب است.

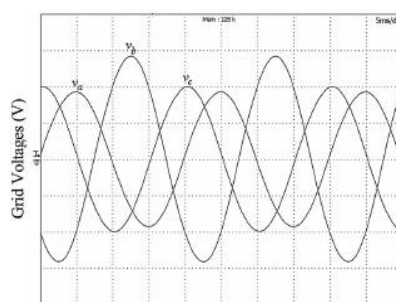
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



(v_a, v_b, v_c : 100 V/div; 5 ms/div)
(a)



(v_a, v_b, v_c : 100 V/div; 5 ms/div)
(b)



(v_a, v_b, v_c : 100 V/div; 5 ms/div)
(c)

شکل (۱۴): به ترتیب برای v_c, v_b, v_a در شکل a ۰.۶ با فاز ۰، ۱ با فاز ۱۰۷، ۱ با فاز ۱ و

شکل b ۱ با فاز ۰، ۰.۶۸ با فاز ۱۳۷، ۰.۶۸ با فاز ۲۲۳ و شکل c ۰.۹ با فاز ۰، ۰.۵۷ با فاز ۱۴۳

، ۰.۶۷ با فاز ۲۲۸،

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳-۴- اهداف کنترلی

هدف اصلی کنترل براساس استانداردها بر ۲ اصل انجام می گیرد اول کنترل توان اکتیو و راکتیو در هنگام افت ولتاژ و دیگری اطمینان یافتن از مینیمم شدن پیک جریان حین افت ولتاژ است. تغذیه توان اکتیو به شبکه با اینورتر به صورت زیر تعریف می گردد:

$$p = vi \quad (37)$$

بنابراین ، اولین هدف کنترلی برای اینورتر این است که توان اکتیو p محاسبه شده با توان تولیدی منبع p_s برابر گردد. برای این هدف ، حلقه ولتاژ برای کنترل اینورتر یک سیگنال توان ثابت p_r را تولید می نماید. برای تزریق این توان به شبکه ، اینورتر یک جریان کنترلی با آلگوریتم همزمانی ولتاژ v نیاز دارد. این جریان کنترلی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$i_r = \frac{p_v \cdot v}{|v|^2} \quad (38)$$

که i_r جریان مرجع برداری است . با توجه به توالی های مثبت و منفی می توان معادله ۸ را به صورت زیر نوشت:

$$i_r = \frac{p_r(v^+ + v^-)}{|v^+|^2 + |v^-|^2 + 2v^+v^-} \quad (39)$$

برای هدف دوم ، تا زمانی که ضریب توان بزرگتر از ۰,۹ باشد توان راکتیو تزریقی را در نظر نمی گیریم پس توان راکتیو نزدیک به صفر است :

$$q = |v \cdot i| = 0 \quad (40)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زمانی که شبکه را در حالت ماندگار کاملاً متعادل در نظر بگیریم و فرض کنیم هارمونیک نداریم ضریب توان توان تولید شده نزدیک به یک است پس کل هارمونیک جریان تزریقی THD جریان تزریقی خیلی کم است.

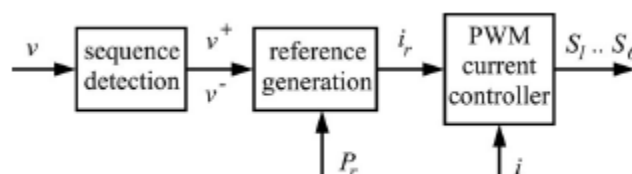
در عملکرد معمولی، شبکه تقریباً متعادل است و دو هدف بالا انجام می گیرد. زمانی که افت ولتاژ اتفاق می افتد مقدار بعضی از اجزا ولتاژ پایینتر از حالت نرمال شبکه است پس جریان تزریقی افزایش می یابد. اگر جریان هر فاز از محدودیت $i_{trip\ out}$ بیشتر شود اینورتر ممکن است قطع شود پس به منظور حفاظت شبکه و سیستم به دلیل اضافه جریان باید رابطه زیر برقرار گردد:

$$\max(i) \langle i_{trip\ out} \quad (41)$$

هدف اصلی اینکار جلوگیری از قطع شدن پیش از حد شبکه و بوجود آمدن اختلال در شبکه است. در نتیجه هدف اصلی ما کاهش پیک جریان تزریقی در زمان خطای ولتاژ به شبکه است که باید در عین حال بتواند توان تریقی کامل را به شبکه تحویل دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۴- روش های کنترل معمولی



شکل (۱۵): بلوک دیاگرام کنترلی

همان طور که در فرمول ۳۹ ذکر شده باید اینورتر جریان برداری i سنکرون شده با شبکه را تولید کند. بلوک آشکارساز توالی ها وظیفه جدا کردن توالی های مثبت و منفی ولتاژ را دارد. بلوک دیاگرام reference generation از توالی فازها و سیگنال مرجع توان p_r که از کنترلر خارجی تولید شده استفاده کرده و جریان برداری i_r را تولید می کند. در مرحله آخر، PWM سیگنال های کنترلی S_1 تا S_6 را تولید می کند. در این قسمت ۵ روش برای بلوک reference generation بررسی می کنیم.

اولین روش کنترل ضریب توان یکسان (IUPFC) است که زمانی که جریان تزریقی i باید دقیقا از ولتاژ برداری v پیروی کند استفاده می گردد. دومین روش کنترل متوسط ضریب توان است که برای دوری از ظاهر شدن هارمونیک جریان اجرا می گردد. سومین روش کنترل توالی مثبت (IPSC) که به ما جریان تزریقی را که فقط از توالی مثبت ولتاژ v^+ پیروی می کند را می دهد. چهارمین روش کنترل توالی مثبت متوسط (APSC) است که جریانی را که فقط از متوسط توالی فاز مثبت برای دوری از هارمونیک جریان پیروی می کند را فراهم می آورد. پنجمین روش، کنترل جبرانی توالی فاز مثبت (PNSCC) که توان ثابت با هارمونیک جریان کم را تزریق می نماید.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۵- پیک جریان حین افت ولتاژ

با آنالیز مقدار پیک جریان با استفاده از جدول ۱ به بررسی موثر بودن هر روش کنترلی می پردازیم. با جایگذاری ۳۶ در ۳۳ و ۳۵ و جایگزینی در ۴۲ معادلات زمانی فازهای جریان زیر بدست می آید:

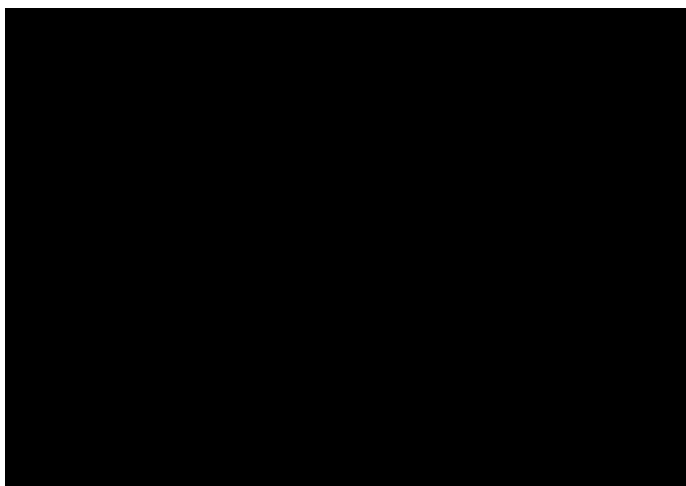
$$i_a = \frac{2 p_r (1 + \alpha n) \cos \omega t}{3 v^+ 1 + \beta(1 + \alpha)n \cos 2\omega t + \alpha n^2} \quad (42)$$

$$i_b = \frac{2 p_r \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + \alpha n \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3})}{3 v^+ 1 + \beta(1 + \alpha)n \cos 2\omega t + \alpha n^2} \quad (43)$$

$$i_c = \frac{2 p_r \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) + \alpha n \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3})}{3 v^+ 1 + \beta(1 + \alpha)n \cos 2\omega t + \alpha n^2} \quad (44)$$

همانطور که مشخص است شکل جریان وابستگی شدیدی به α, β دارد. به کمک این پارامتر ها طراح ، کنترل کاملی روی رفتار سیستم دارد. لازم به ذکر است که پیک جریان i_c, i_b , برابر است . برای محاسبه مقادیر زمانی i_b, i_a , حول یک سیکل با استفاده از ۴۳ و ۴۴ برحسب هر مقدار n بدست می آید. شکل ۹ مقدار پریونیت پیک جریان تزریقی که از ۵ روش کنترلی متفاوت جدول ۱ استفاده شود را نشان می دهد. در شکل ۹ مشخص است که در روش APSC مقدار مینیمم پیک جریان تزریقی را برای هر n به ما اطمینان می دهد ، اگر چه با استفاده از این طرح کنترلی زمانی که افت ولتاژ رخ می دهد پیک جریان می تواند ۲ برابر جریان نامی گردد. طرح کنترلی UPFC او و PSC و PNSCC جریان تزریقی با ماکزیمم مقدار غیر قابل قبول را برای n های زیاد بوجود می آورد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۶): ماکزیمم جریان خطای ولتاژ بر حسب فاکتور نامتعادلی



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل پنجم

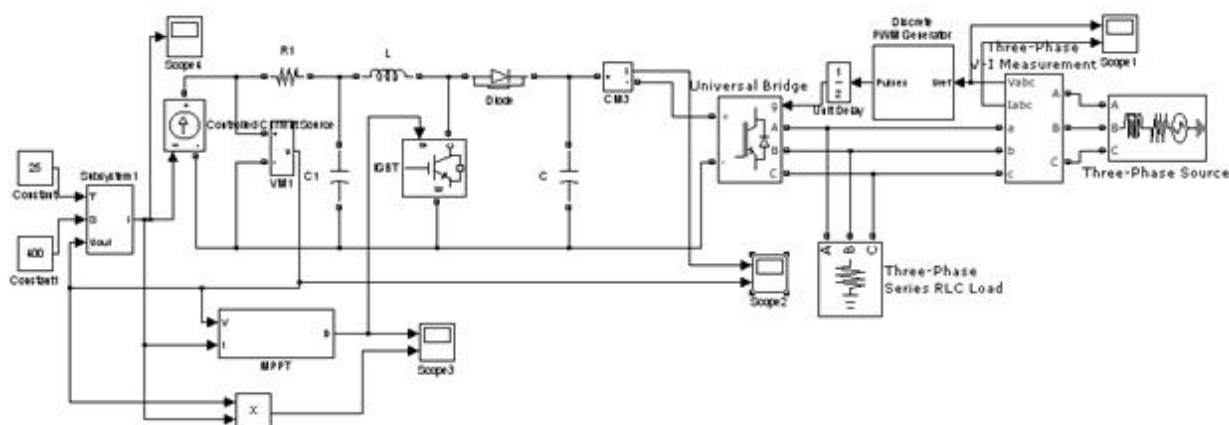
شبیه سازی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه

۵- فصل پنجم: شبیه سازی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه

در این فصل به شبیه سازی یک سیستم خورشیدی که شامل اینورتر و پنل خورشیدی و قسمت MPPT می باشد می پردازیم. برای شبیه سازی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه که دارای قسمت MPPT باشد از نرم افزار MATLAB استفاده کردیم. این شبیه سازی شامل سه قسمت می باشد ، قسمت اول سلول های خورشیدی که وابسته به تابش و دما می باشند ، قسمت دوم کنترل توان ماکزیمم و قسمت سوم مربوط به وصل شدن به شبکه می باشد.

سیمولینک شبیه سازی شده متلب به صورت زیر می باشد که در ادامه به بیان و توضیح قسمت های مختلف آن می پردازیم:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

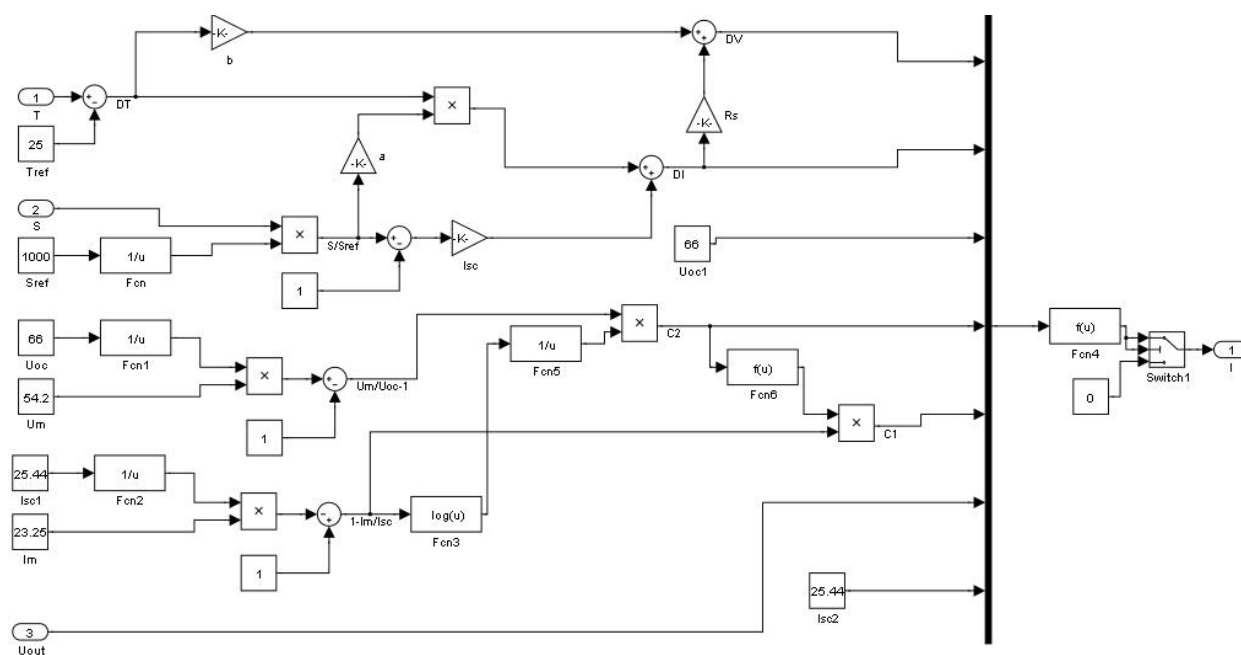


شکل (۱۷): سیستم شبیه سازی شده با MPPT

قسمت اول که مربوط به سلول خورشیدی می باشد وابسته به مشخصات سلول ها می باشد و فقط تابع سه ورودی شدت تابش و دما و ولتاژ خروجی است و تنها خروجی آن جریان می باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۸): سلول خورشیدی شبیه سازی شده

برای اینکه قسمت کنترلی سلول خورشیدی را بتوانیم به مقاومت و قسمت مداری و الکترونیک

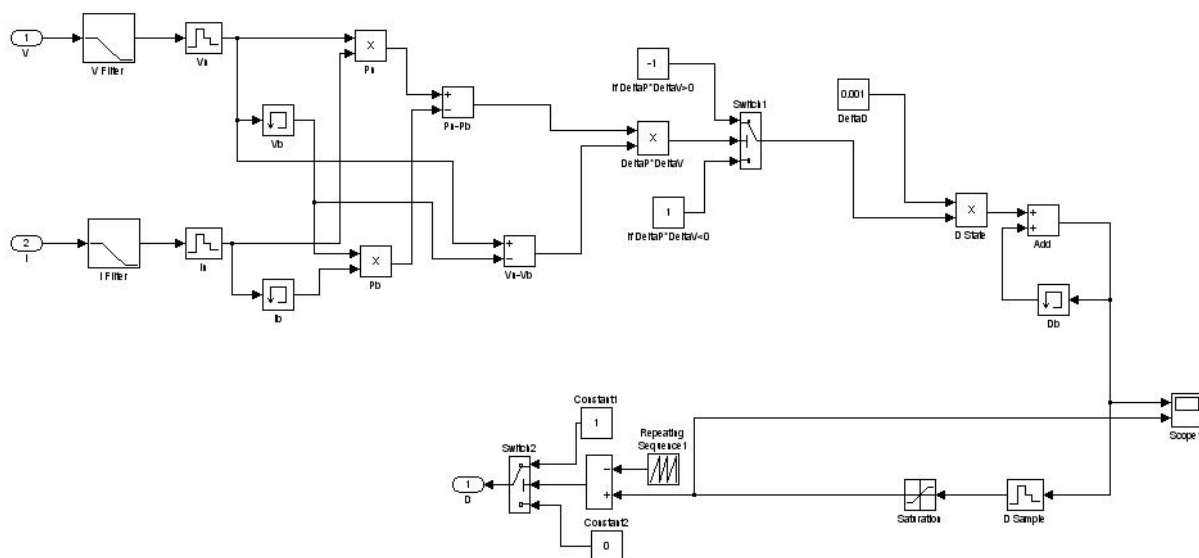
قدرت وصل کنیم از یک منبع جریان کنترل شده استفاده کرده ایم.

برای سومین ورودی سلول خورشیدی که ولتاژ خروجی سلول می باشد از خروجی سلول نمونه برداری کرده و آن را به ورودی می دهیم.

قسمت دوم مربوط به کنترل توان ماکزیمم می باشد که اجزا و شبیه سازی شده آن به صورت زیر

می باشد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

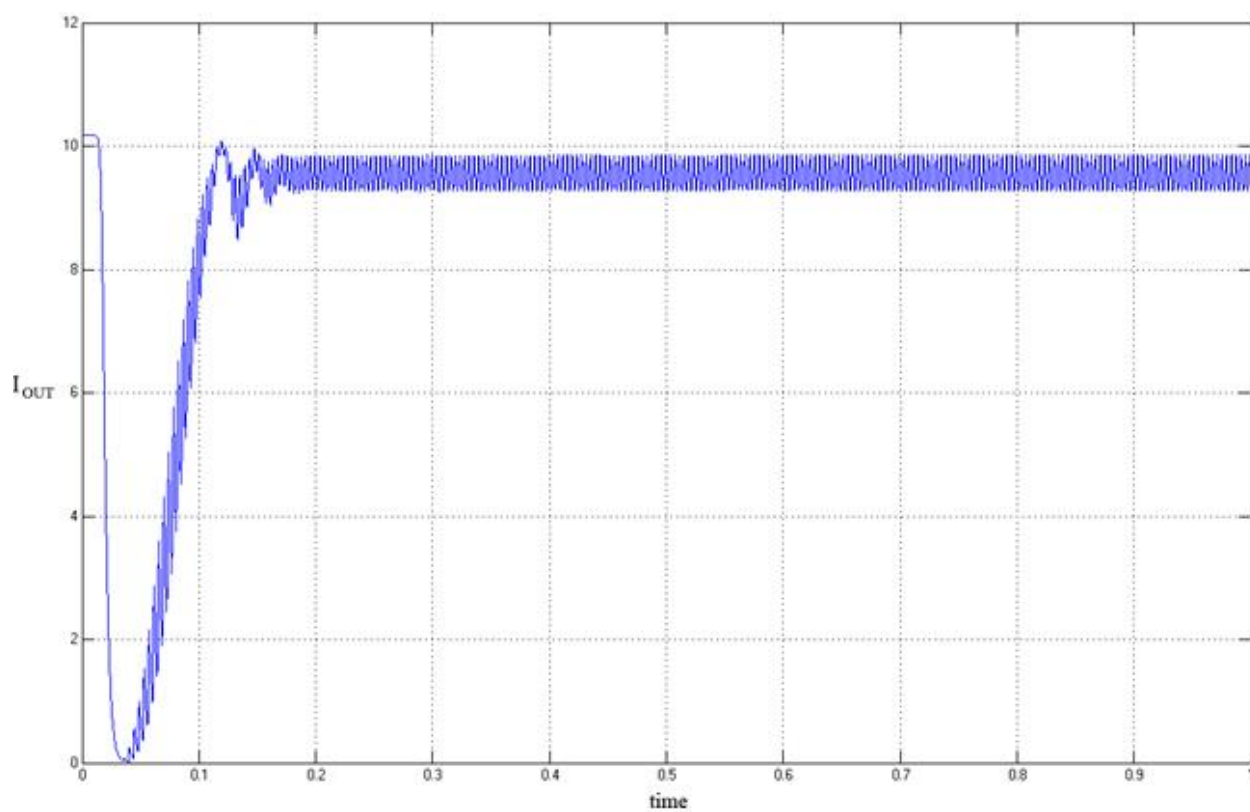


شکل (۱۹): کنترل کننده توان ماکزیمم

که ولتاژ و جریان را به صورت ورودی دریافت کرده و به صورت یه فرمان قطع و وصل به IGBT خروجی می دهد.

ابتدا خروجی های کل سیستم را در حالت کنترل توان ماکزیمم شده مشاهده می کنیم:

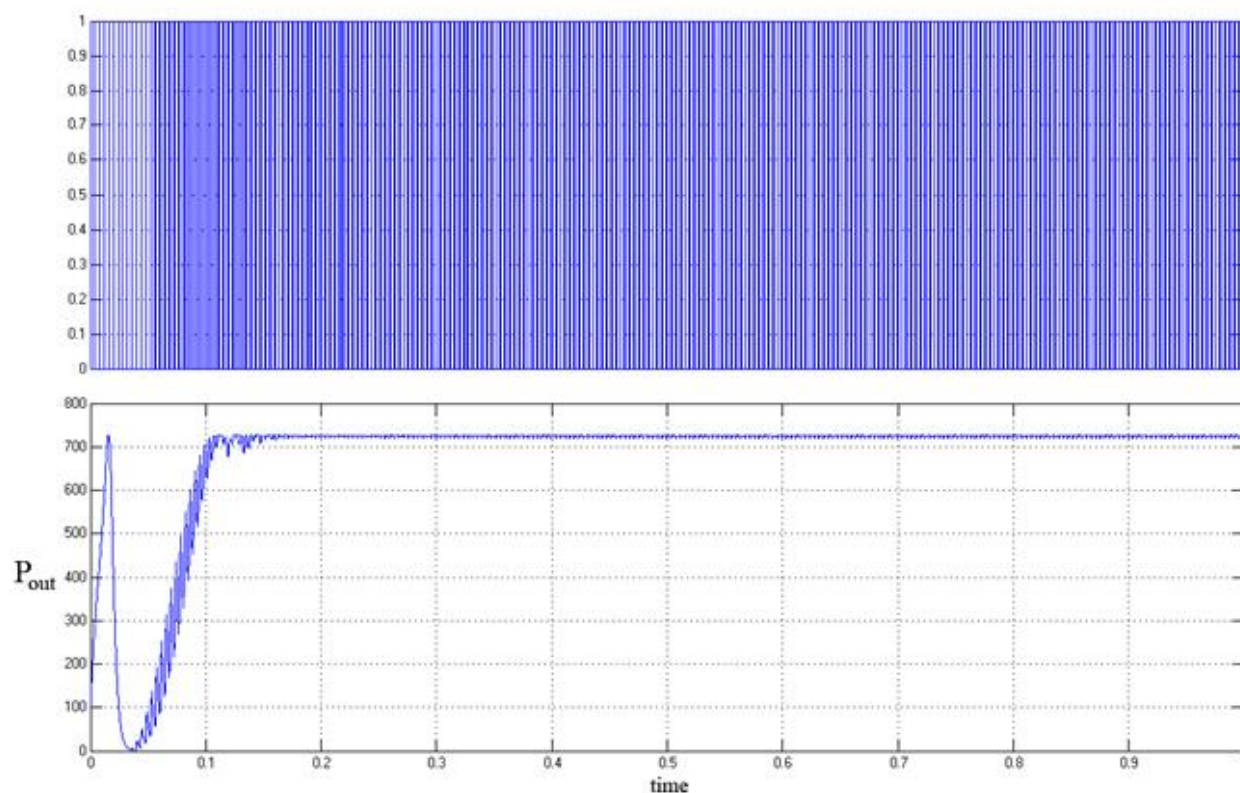
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲۰): جریان خروجی سلول خورشیدی

WikiPower.ir

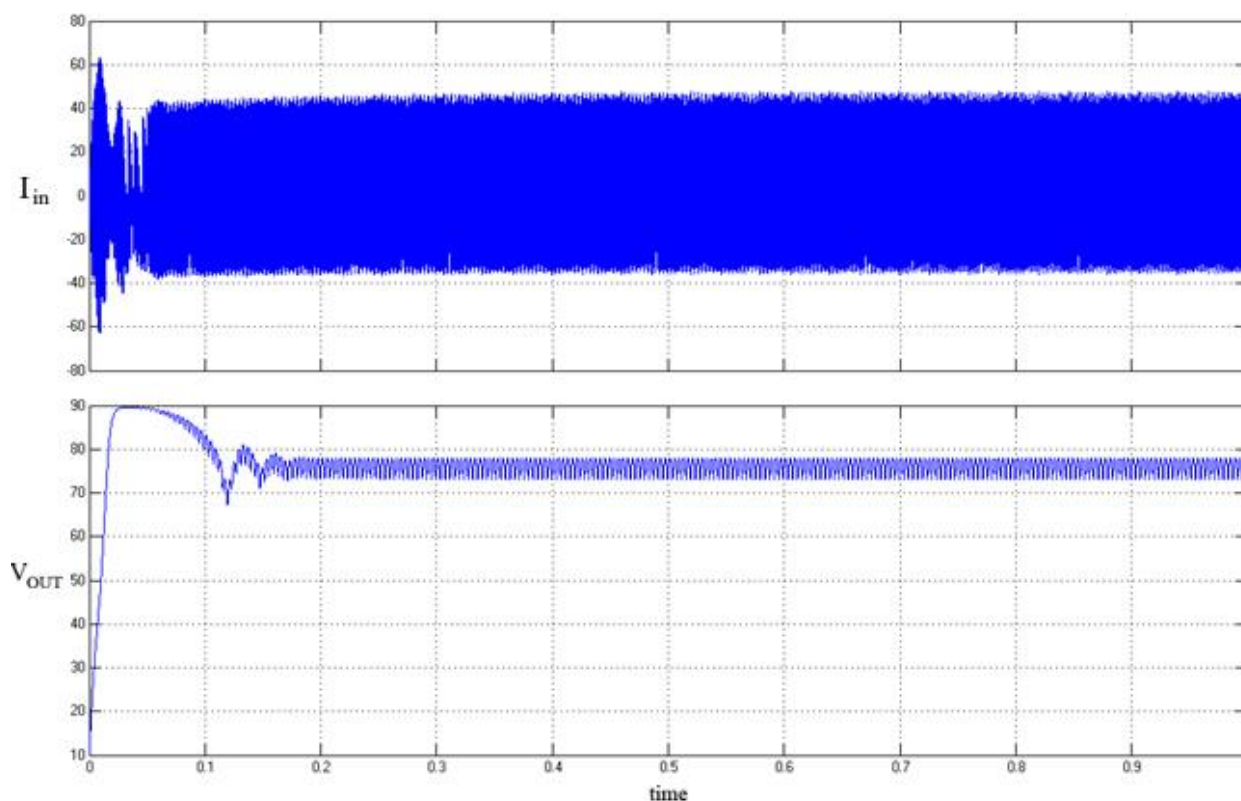
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲۱): شکل پایین توان و شکل بالا خروجی MPPT

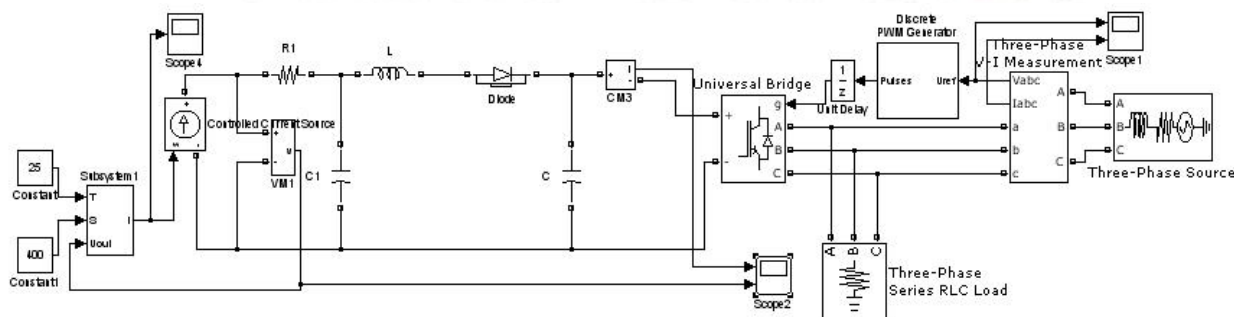
WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۲۲): شکل بالا جریان ورودی به اینورتر و شکل پایین ولتاژ خروجی از سلول خورشیدی

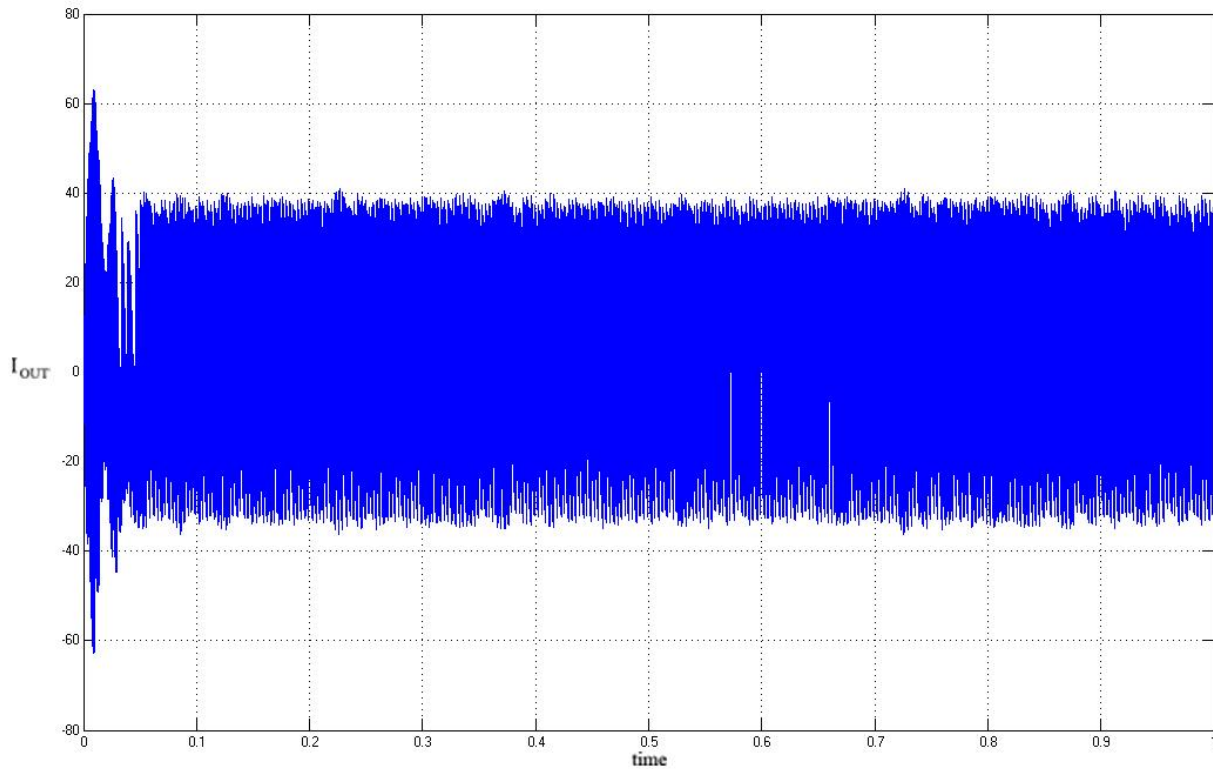
حال خروجی های سیستم بدون MPPT را در نظر می گیریم:



شکل (۲۳): سیستم بدون MPPT

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

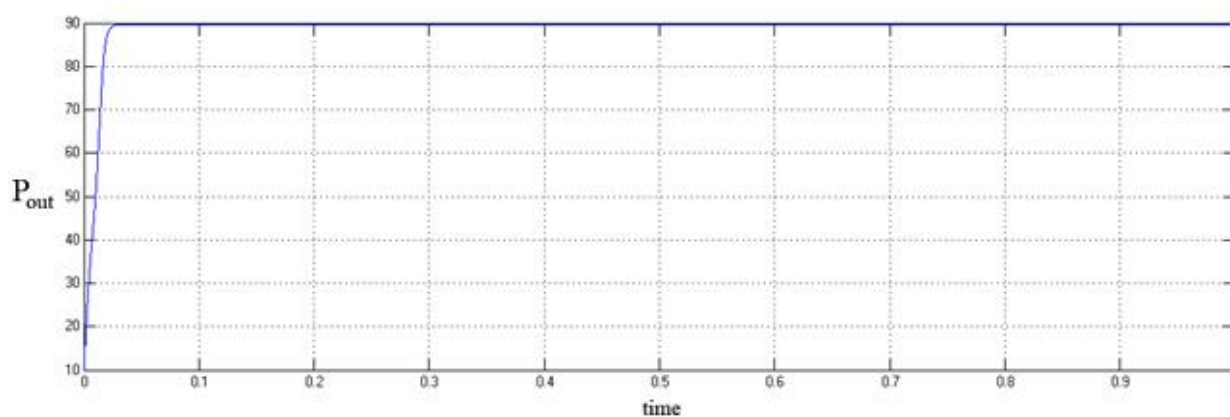
خروجی جریان اینورتر به صورت زیر می باشد:



شکل (۲۴): جریان خروجی اینورتر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خروجی توان شبکه به صورت زیر می گردد:



شکل (۲۴): توان خروجی سیستم بدون MPPT

همان طور که از مقایسه این دو خروجی مشهود است توان خروجی در حالت کنترل شده نوسانی

بوده و تقریباً ۷۱۵ وات بوده است ولی در حالت دوم و کنترل نشده توان خروجی هیچ گونه نوسانی

نداشته و توان به میزان قابل توجهی کاهش و به مقدار ۹۰ وات رسیده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل ششم

نتیجه گیری

۶- فصل ششم: نتیجه گیری

۱- این مقاله کنترلی برای اینورتر سه فاز سیستم فتوولتائیک را به ما نشان می دهد که با کنترلرهای رایج مقایسه شده است که این کنترلر کاهش مقدار پیک جریان را حین افت ولتاژ نامتعادل را برای ما تضمین می کند. نتایج عملی بدست آمده از این آزمایش اعتبار و بازدهی این روش را نسبت به روش های رایج تایید می کند . مقایسه بین کنترلر مطرح شده و کنترلرهای دیگر به ما ثابت می کند که مقدار پیک جریان به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرد . نتایج مقدماتی مزایای امیدوارکننده ای را نشان می دهد . این روش می تواند جایگزین خوبی برای سیستم های کنترلی می باشد.

۲- روش دیگری برای کنترل توان اینورتر تکفاز متصل به شبکه مطرح گردیده است که در این طرح خطی سازی سیستم ، به کنترلر مطرح شده کمک می کند که سیستم حلقه بسته را پایدار نگه دارد که از خطی سازی سیستم غیر خطی متغییر با زمان بدست آمده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توانمندی کنترلر با قوانین کنترلی بهبود بخشیده شده است. به علاوه تجزیه و تحلیل سیستم حلقه بسته به وسیله شبیه سازی عددی به ما اجازی اجرای کنترلر را می دهد. طراحی و آنالیز سیستم های قدرت فتوولتائیک این مقاله با توجه به رفتار غیر خطی آنها ممکن است به بازدهی و افزایش ضریب اطمینان آگوریتم های کنترلی کمک کند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶-۱- پیشنهاد

از مشکلات مربوط به سیستم های فتوولتائیک می توان به کم بودن بازدهی نسبت به هزینه آن اشاره کرد که در کشور ما بدلیل وجود برخی مشکلات هزینه نصب سلول های خورشیدی بیشتر بوده و به همین دلیل افزایش بازدهی در کاهش هزینه ها و جبران آن در دراز مدت می تواند نقش به سزایی را ایفا کند . از راه کارهای افزایش بازدهی می توان به تغییر در ساختار سلول های خورشیدی و یا تغییر در ساختار اجزای سیستم خورشیدی مانند اینورتر اشاره کرد . به همین دلایل تحقیق در زمینه های افزایش بازدهی می تواند بسیار مفید و مطلوب باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۷- منابع

- [1]- www.fa.wikipedia.org
- [2]- www.suna.org.ir/fa/sun/statistics
- [3] - Phys. Rev. B, vol. 60, pp. R2181-R2184, 1999.
- [4]-IEEE Transactions on electron devices, vol. 49, pp. 1632-1639, 2002.
- [5]-Nat. Photonics, vol. 2, p. 287–289, 2008
- [6]-S. J. Fonash, Solar Cell Device Physics (Second Edition) Elsevier, 2010.
- [7]-www.uijs.ui.ac.ir/isee/files/site1/user_files_7a9037/aminhajizadeh-A-10-115-2-4cb5e9c.pdf
- [8]- Lyapunov-Based Control Scheme for Single-Phase Grid-Connected PV Central Inverters
C. Meza, *Member, IEEE*, D. Biel, *Member, IEEE*, D. Jeltsema, *Member, IEEE*, and
J. M. A. Scherpen, *Senior Member, IEEE*
- [9]- Control Scheme for Photovoltaic Three-Phase Inverters to Minimize Peak Currents During Unbalanced Grid-Voltage Sags
Jaume Miret, *Member, IEEE*, Miguel Castilla, Antonio Camacho, Lu'is Garc'ia de Vicu~na, and Jos'e Matas

-پنل های فتوولتاییک (آشنایی ، اصول ، طراحی)، دکتر حسین کاظمی کارگر [۱۰]

-فتوولتاییک برای متخصصان ، حسین موسی زاده [۱۱]

-سامانه های فتوولتاییک ، احسان اسفندیاری [۱۲]

[۱۳]-انرژی خورشیدی و کاربرد آن، اسد الله ابراهیمی