



# بهبود تثبیت ولتاژ در ترکیب ژنراتورهای بادی و فتوولتائیک مستقل از شبکه توسط سوپر خازن ها

<sup>۲</sup>، اسدالله کاظمی<sup>۱</sup> محمد حسن بهادری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه مازیار - مازندران

bahadory3000@yahoo.com

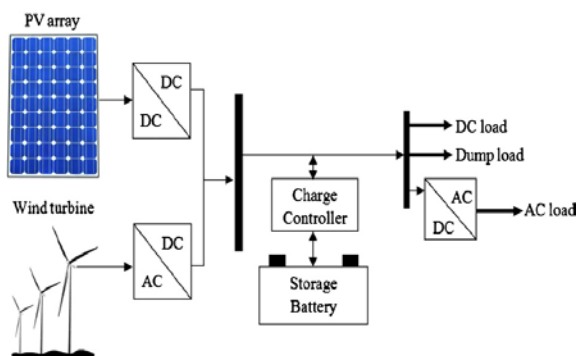
۲- موسسه آموزش عالی کاوش - محمود آباد - مازندران

asadollahk@yahoo.com

در بین انرژی های تجدید پذیر، انرژی بادی و خورشید به دلیل راندمان بالا و عدم انتشار گازهای آلاینده، مهمترین منابع تجدید پذیر محسوب می شوند. امروزه، سیستم ترکیبی بادی و خورشیدی منبع انرژی جدیدی است [1]. زیرا، مولدهای باد و فتوولتائیک به تنهایی نمی توانند ولتاژ خروجی ثابتی به بار بدهند و افزایش ناگهانی بار موجب کاهش توان خروجی می شود و افت ولتاژ در دو سر بار بوجود خواهد آمد. جهت تثبیت ولتاژ و تامین توان به ازای تغییرات شدید بار، حجم و وزن باتری در ترکیب فوق، بسیار بزرگ میشود. [2]. در این مقاله، برای کاهش حجم و وزن باتری و همچنین جبران افت ولتاژ، از ابر خازن ها استفاده می شود.

## ۲- سیستم ترکیبی فتوولتائیک و باد

ساختار سیستم ترکیبی در این مقاله شامل منابع انرژی فتوولتائیک<sup>۱</sup> و باد<sup>۲</sup>، عناصر ذخیره انرژی مثل باتری و سوپر خازن می باشد. منبع PV، باتری و سوپر خازن، ولتاژ DC تولید می کنند و منبع باد، ولتاژ AC تولید کرده که توسط یکسو سازها به ولتاژ DC تبدیل می شود [3]. شکل ۱ مدار فوق را نشان می دهد.



شکل ۱. ساختار سیستم ترکیبی فتوولتائیک و بادی

عملکرد و روابط بین پارامترهای اجزاء تشکیل دهنده سیستم

**چکیده**- با توجه به کاهش منابع فسیلی، مسائل زیست محیطی و توسعه پایدار در تولید انرژی، لازم است از منابع تجدید پذیر استفاده نمود. در این راستا منابع ترکیبی بادی و خورشیدی یکی از مهم ترین و متداول ترین آنها است. در این مقاله، تاثیر سوپر خازن ها در کاهش وزن باتری ها و تثبیت ولتاژ DC خروجی به ازای بارهای مختلف و تغییرات باد و خورشید مورد ارزیابی قرار گرفت. شبیه سازی از طریق نرم افزار مطلب روی یک سیستم مستقل ترکیبی فتوولتائیک و بادی در سطح ولتاژ ۳۲۶ ولت انجام شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پس از ۵ ثانیه اول با توجه به اغتشاشات طبیعی، ولتاژ خروجی مقدار ثابتی است. همچنین سرعت تثبیت ولتاژ با استفاده از سوپر خازن ها بیشتر از باتری ها می باشد.

**واژه های کلیدی**- توربین بادی، فتوولتائیک، سوپر خازن

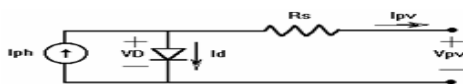
**باتری، تثبیت ولتاژ**

## ۱- مقدمه

عدم حضور شبکه سراسری برق در مناطق دورافتاده، هزینه بالادراحداث خط انتقال جدید به دلیل مسافت طولانی، افزایش نرخ مصرف انرژی برق و وجود تعداد زیاد مصرف کنندگان پراکنده، از بزرگترین مشکلات شرکت های برق میباشد. همچنین افزایش همیشگی تقاضای انرژی، هزینه های سنگین سوخت های فسیلی، نگرانی های موجود در زمینه زیست محیطی و مشکلاتی از این قبیل، تمایل استفاده از تکنولوژی های تولید توان توسط سیستم انرژی تجدید پذیر افزایش یافته است.

ترکیبی شکل ۱ به صورت زیر می باشد.

سلولهای فتوولتائیک، انرژی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. موقعیت نقطه توان حداکثر در مشخصه مولد فتوولتائیک، بستگی به تابش خورشید و دمای سلول دارد. جریان خروجی تابعی از تابش، دما، سرعت باد و ضرایب مخصوص برای فناوری سلولهاست در ضمن سیستم فتوولتائیک دارای قابلیت کار در ماکزیمم نقطه توان (MPPT) می باشد [6]. شکل ۲، مدار معادل پانل فتوولتائیک را نشان می دهد.



شکل ۲: مدار معادل پانل فتوولتائیک

رابطه ریاضی ولتاژ و جریان یک سلول فتوولتائیک نمونه به شرح زیر می باشد.

$$V_{pv} = \frac{aKT}{q} \left( \frac{I_{ph} - I_{pv}}{I_0} + 1 \right) - R_s i_{pv} N_p N_s \quad (5)$$

معادله ولتاژ و جریان یک پانل فتوولتائیک ب بصورت زیر است:

$$V_{pv} = \frac{N_s aKT}{q} \ln \left( \frac{N_p I_{ph} - I_{pv}}{I_0} + 1 \right) - \frac{N_s}{N_p} R_s i_{pv} \quad (6)$$

در معادلات فوق  $I_{ph}$  جریان سلول متناسب با میزان تابش (جریان اتصال کوتاه سلول بر حسب آمپر)،  $q$  بار الکتریکی یک الکترون،  $a$  ضریب تصحیح وابسته به سلول،  $T$  دمای مطلق بر حسب درجه کلوین،  $K$  ثابت بولتزمن و  $I_0$  جریان اشباع معکوس سلول می باشد که از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$I_0 = 1.5 * 10^5 e^{-\frac{E_g}{KT}} \quad (7)$$

### ۲-۳- باتری

توان ورودی باتری با توجه به عملکرد شارژ یا دشارژ میتواند مثبت یا منفی باشد. ظرفیت باقیمانده باتری، با توجه به محاسبات توان تولیدی بار مصرفی، چنین بدست می آید:

$$P_L(t) = P_{wp}(t) + P_{pv}(t) \quad (8)$$

بدون تغییر باقی می ماند.

1 photovoltaic

2 wind power

### ۲-۱- توربین بادی

انرژی الکتریکی تولید کند که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید:

$$P_t = \frac{1}{2} \rho a V^3 \quad (1)$$

$V$  چگالی هوا و  $\rho$  چرخش توربین،  $A$  سطح مقطع سرعت باد می باشد.

قسمتی از این توان به روتور توربین منتقل شده و ابتدا به توان مکانیکی و سپس توسط ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل می در این تبدیل، توان مکانیکی که از توان کل کمتر است، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P_{we} = \frac{1}{2} \rho a V^3 C_p(\lambda) \quad (2)$$

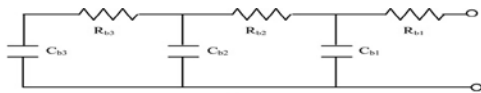
$$\lambda = \frac{\Omega R}{V} \quad (3)$$

در اینجا  $\Omega$  سرعت دوران پره ها  $R$  طول پره ها و  $V$  سرعت بادی می باشند. و گشتاور ورودی آیرودینامیک ژنراتور به صورت زیر محاسبه می شود [5].

$$T_m = \frac{C_p(\lambda, \beta) \rho \pi R^5}{2 \lambda^3} \omega^2 \quad (4)$$

زمانیکه سرعت باد افزایش می یابد شتاب سرعت روتور توربین بادی و در نتیجه خروجی توان توربین بادی افزایش می یابد. به عبارت دیگر وقتی که سرعت باد کاهش می یابد سرعت روتور توربین بادی هم کم می شود. بنابراین خروجی توان توربین بادی کاهش می یابد [6]. توربین بادی در سرعت روتور بهینه، توان ماکزیمم از انرژی باد در هر سرعت بادی، از یک ضریب توان روتور در مقدار ثابت ۰.۴ ثابت نگه داشته می شود. برای حداکثر کارایی، باید  $C_p$  در ماکزیمم باشد که در  $\beta = 0$  مقدار  $C_p$  حداکثر است و مقدار آن برابر ۰.۴ می باشد. در شبیه سازی مقدار  $C_p = 0.4$  را  $C_p = 0.4$  در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر، توربین بادی در حالت حداکثر قدرت به کار گرفته شده است.

### ۲-۲- فتوولتائیک



شکل ۴: مدل سوپر خازن

### ۳- استراتژی کنترل

#### ۳-۱- کنترل سرعت متغیر توربین بادی

در این مقاله از روش کنترل سرعت متغیر جهت بدست آوردن توان مکانیکی توسط پره های توربین بادی با سرعت  $\omega_m$  و سرعت متغیر باد  $V_{wind}$  استفاده می شود. بنابراین توان مکانیکی از توربین بادی بستگی به سرعت روتور توربین بادی  $\omega_m$  دارد. بر این اساس حداکثر توان خط را توسط اتصال mppt در هر سرعت باد بدست آورد. [4] زیرا عملکرد توربین بادی در حداکثر سرعت روتور  $\omega_{m_{opt}}$  روی منحنی توان حداکثر، ماکزیمم انرژی باد تحت نرخ سرعت باد بدست خواهد آمد.

یک روش برای بدست آوردن حداکثر توان توسط توربین بادی کنترل جریان خروجی رکتیفایر سه فاز  $I_R$  می باشد. بر این اساس و حداکثر توان مکانیکی  $P_{m_{opt}}$  توربین بادی از رابطه زیر بدست می آید.

$$P_{m_{opt}} = \frac{C_{P_{max}} \rho \pi R^5}{2 \lambda_{opt}^3} \omega_m^3 \quad (8)$$

$$= K_{opt} \omega_m^3$$

With  $(K_{opt} = \frac{C_{P_{max}} \rho \pi R^5}{2 \lambda_{opt}^3}) \quad (9)$

اگر توان ژنراتور بادی و رکتیفایر سه فاز با مقادیر ثابت  $\eta_R$  و  $\eta_G$  در نظر گرفته شود، حداکثر توان حقیقی  $P_{R_{opt}}$  در خروجی رکتیفایر سه فاز به صورت ذیل بدست می آید.

$$P_{R_{opt}} = V_R I_R = \eta_G \eta_R K_{opt} \omega_m^3 \quad (10)$$

در اینجا،  $V_R$  و  $I_R$  ولتاژ و جریان خروجی رکتیفایر است. اگر PMSG<sup>۱</sup> یک ژنراتور ایده آل باشد، ولتاژ خط به خط به صورت زیر محاسبه می شود [5].

$$V_{LL}(t) = k_V \omega_s \sin(\omega_s t), \text{ with } (\omega_s = \frac{p}{2} \omega_m) \quad (11)$$

در اینجا،  $k_V$  مقدار ثابت ولتاژ ژنراتور و  $\omega_s$  زاویه فرکانسی ژنراتور و  $p$  تعداد قطبهای ژنراتور است. ولتاژ خروجی رکتیفایر سه فاز  $V_R$  از رابطه زیر بدست می آید.

#### Maximum power point track

اگر  $P_L(t) < P_{wp}(t) + P_{pv}(t)$  آنگاه مازاد توان تولیدی سیستم ترکیبی به منظور شارژ بانک باتری مورد استفاده قرار گرفته است.

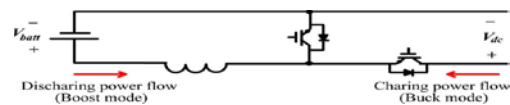
اگر  $P_L(t) \geq P_{wp}(t) + P_{pv}(t)$  آنگاه کسری از توان، جهت پاسخگویی به نیاز بار باید توسط باتری تامین شده و باتری در حالت دشارژ قرار می گیرد.

$$P_{wp} = \frac{1}{2} \rho a V^3 C_p(\lambda) \quad (7)$$

$$P_{pv} = \eta_{pv} \cdot A_{pv} \cdot Insolation$$

در این رابطه  $A_{pv}$  سطح مقطع هر  $pv$  و  $\eta_{pv}$  بازده فتوولتائیک می باشد و  $Insolation$  تابش بر حسب وات بر متر مربع است.

شکل ۳ مدل باتری را نشان می دهد.

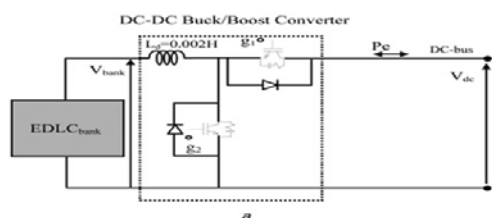
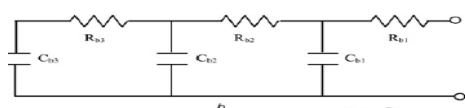


شکل ۳: مدل باتری

#### ۲-۴- خازن با ظرفیت بالا

این خازن ها عناصر ولتاژ پایین محسوب می شوند. معمولاً ولتاژ آنها در حدود 2.5 ولت می باشد. اما ظرفیت خازن ها با ظرفیت بالا فقط در دسترس است و از ۱۰ تا ۲۷۰۰ فاراد تغییر می کند. بانکهای خازنی با ولتاژ ۴۲ ولت و بالاتر را می توان با این خازن ها تهیه کرد. ماژول ها با ظرفیت بالا و ولتاژ بیشتر را می توان با سری کردن بانکهای خازنی بزرگتر و با قراردادن یک سلول متعادل کننده اکتیو یا پسیو به وجود آورد. هرچند به کارگرفتن این طرح باعث ایجاد نشتی جریان حدود ۱۰ تا ۵ میلی آمپر خواهد شد ولی برای دسترسی به ولتاژ مورد نظر، باید به طور سری به یکدیگر متصل شوند [4]. خازن با ظرفیت بالا را به وسیله یک خازن سری و یک مقاومت شبیه سازی می کنند (شکل ۴).

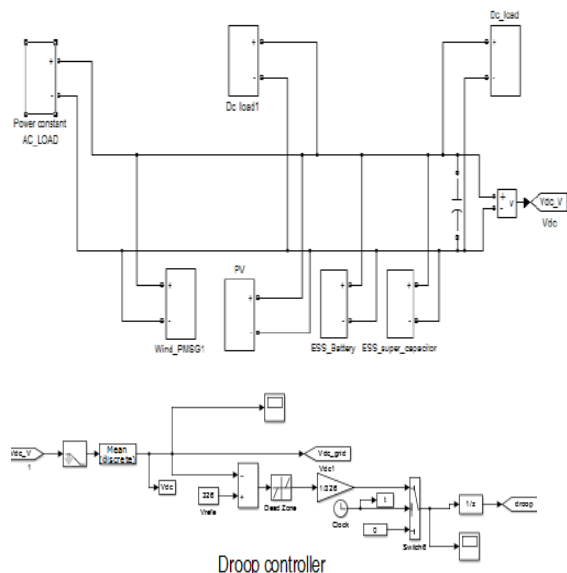
<sup>۱</sup>permanent magnet synchronous generator



شکل ۸: کنترل سوپر خازن

### ۴- شبیه سازی و نتایج

تمام قسمتهای سیستم در شکل ۹ نشان داده شده است که شامل توربین بادیو فتوولتائیک و سوپر خازن و باتری و اینورتر و بار dc و بار ac نشان داده شده است



شکل (۹) بلوک دیاگرام شبیه سازی سیستم هیبرید و

کنترلر

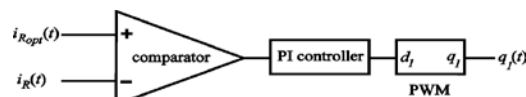
شکل ۹ نمای کلی شماتیک سیستم انرژی هیبرید فتوولتائیک/توربین بادی/باتری/سوپر خازن/اینورتر بار dc, بار ac و در نرم افزار مطلب ترکیب این منابع هیبرید باعث تولید ولتاژ ۳۲۶ ولت dc می شود و کنترلر در صورت کاهش ولتاژ توربین بادی (کمبود باد) و فتوولتائیک (کمبود اشعه خورشید) ولتاژ dc خروجی را تثبیت می کند .

$$V_R = \frac{3}{\pi} V_{LLP} - \frac{3}{\pi} \omega_s L_s I_R = \frac{3pK_V}{2\pi} \omega_m - \frac{3pL_s}{2\pi} \omega_m I_R \quad (12)$$

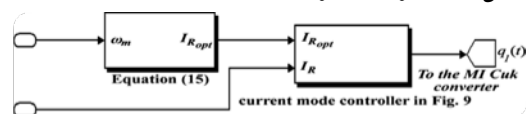
در اینجا،  $V_{LLP}$  پیک ولتاژ خط به خط و  $L_s$  اندوکتانس استاتور PMSG است. بوسیله حل معادله ۱۲ و ۱۰، مقدار  $I_R$  را که همان جریان مرجع رکتیفایر  $I_{R_{opt}}$  است، بدست می آید.

$$I_{R_{opt}} = \frac{3pK_V - \sqrt{(3pK_V)^2 - 24p\pi\eta\epsilon\Gamma_R K_{opt} L_s \omega_m^2}}{6pL} \quad (13)$$

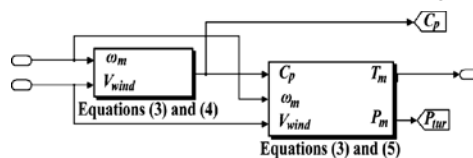
بنابراین توربین بادی در شرایط فوق می تواند در حداکثر توان عمل کند. اگر  $I_R$  کنترل شود، مقدار مرجع  $I_{R_{opt}}$  بوسیله تنظیم نرخ کنترل کننده در هر  $\omega_m$  به عنوان کنترل کننده PI عمل کرده و جریان هدف  $I_{R_{opt}}$  را تامین می کند. شکل های ۵، ۶، ۷ به ترتیب کنترل مد جریان، بلوک کنترل جریان و کنترل توربین بادی است.



شکل ۵ - کنترل مد جریان



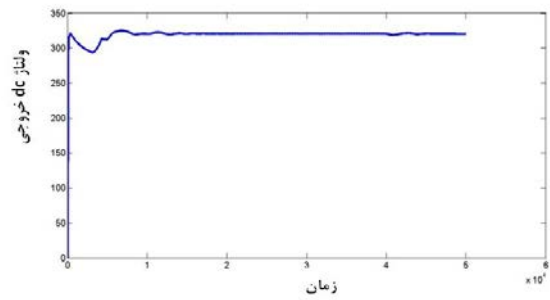
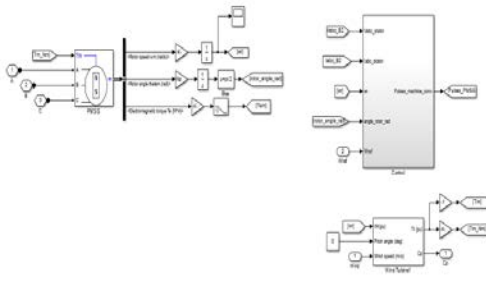
شکل ۶: بلوک کنترل جریان



شکل ۷: کنترل توربین بادی

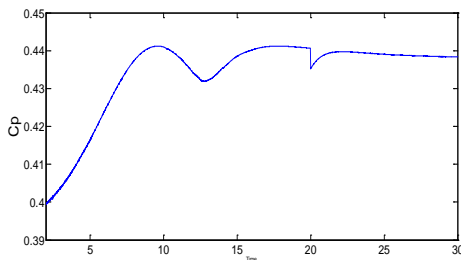
### ۲-۳ کنترل سوپر خازن

مبدل دی سی به دی سی با توان شناور دو طرفه مورد نیاز است تا کنترل کننده سوپر خازن را به مبدل باک بوست دی سی به دی سی تبدیل کند. این مبدل در شکل ۸ نشان داده شده است. این مبدل با کنترل روشن و خاموش شدن سوئیچ ها کار می کند و لازم است مطمئن شویم که دو سوئیچ بطور همزمان کار نکنند. به عبارت دیگر، باس دی سی اتصال کوتاه نشود. این سیستم ابتدا توان مرجع را شناسایی می کند. اگر توان بیشتر از توان مرجع باشد سوپر خازن شارژ می شود و مبدل دی سی به دی سی در مدل باک کار می کند. اما اگر توان کمتر از توان مرجع باشد، سوپر خازن دشارژ می شود و مبدل دی سی به دی سی دشارژ میشود.



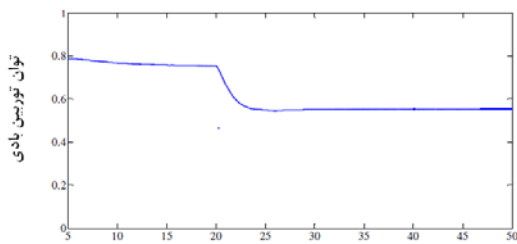
شکل (۱۰) ولتاژ خروجی نهایی dc

شکل (۱۳) بلوک شماتیک کنترلر توربین بادی و PMSG



شکل (۱۴) دنبال کردن حداکثر Cp توسط توربین بادی نیز در

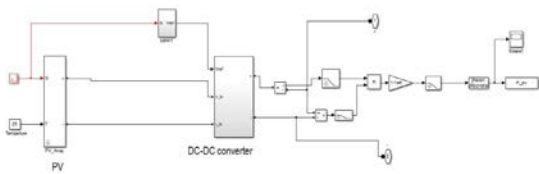
شکل زیر نشان داده شده است



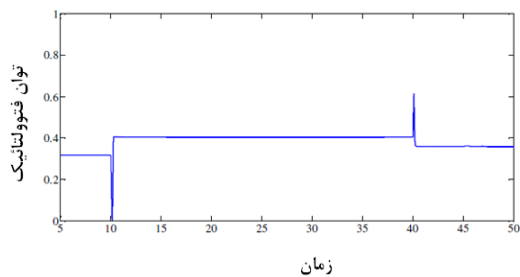
شکل (۱۵) در ثانیه ۲۰ مقدار باد از ۱۱ به ۱۰ متر ثانیه

کاهش یافته است

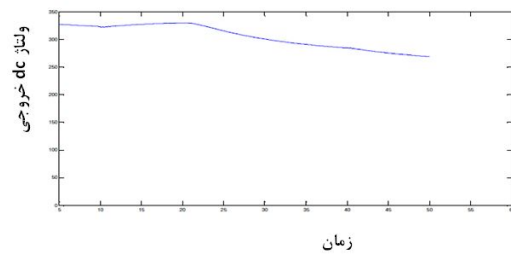
۲-۴- بلوک داخلی PV



شکل (۱۶) بلوک داخلی PV و مبدل



ولتاژ خروجی نهایی که برابر ۳۲۶ ولت dc است در ضمن در ۵ ثانیه اول با توجه به اغتشاشات افت ولتاژ مشاهده می شود که با عکس العمل کنترلر ای اغتشاشات از بین رفته که از مزایای کنترلر در سیستم هیبرید است و با عملکرد مناسب باتری و سوپر خازن ولتاژ لینک dc ثابت مانده است. و اگر کنترل کننده قرار ندهیم تغییرات ولتاژ به صورت ذیل خواهد بود

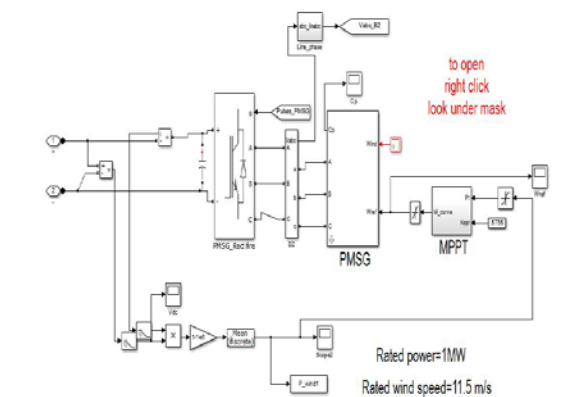


شکل (۱۱) تغییرات ولتاژ خروجی بدون استفاده از

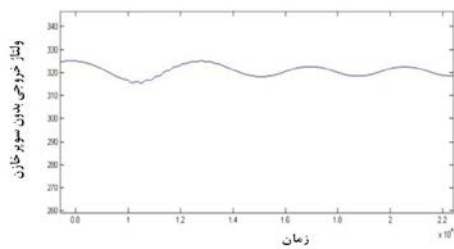
کنترل کننده

۱-۴- بلوک دیاگرام توربین بادی wind-

PMSG



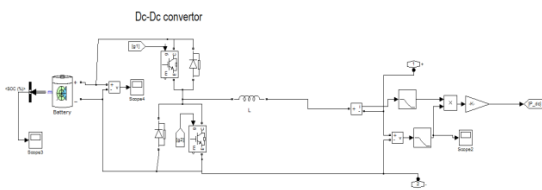
شکل (۱۲) بلوک دیاگرام توربین بادی



شکل (۲۱) موج خروجی dc نهایی بدون استفاده از سوپر خازن

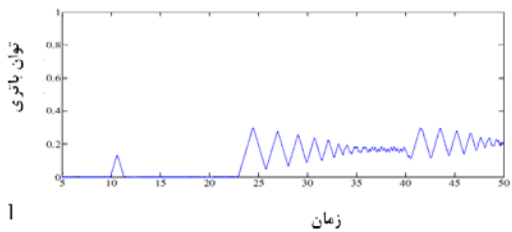
شکل موج خروجی dc نهایی بدون استفاده از سوپر خازن همانطور که نشان داده شده است ریبیل و ولتاژ بدون استفاده از سوپر خازن زیاد است.

### ۴-۴- بلوک داخلی Battery

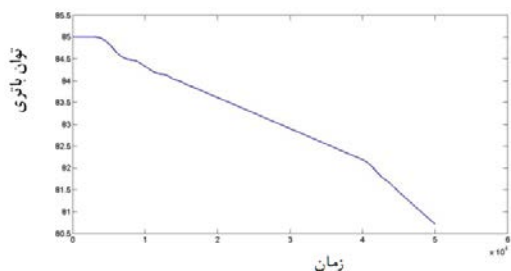


شکل (۲۳) بلوک داخلی Battery

همانطور که مشاهده می شود ولتاژ خروجی باتری توسط مبدل باک و بوست و کنترلر تنظیم می گردد تا در صورت کمبود ولتاژ افت ولتاژ اصلاح گردد و شارژ و دشارژ باتری در صورت افزایش ولتاژ خروجی باتری شارژ میشود..تغییرات توان باتری و دشارژ باتری به صورت ذیل می باشد.



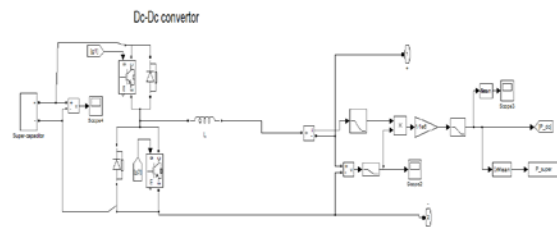
شکل (۲۴) نوسانات توان خروجی باتری با توجه به افت ولتاژ



شکل (۲۵) موج دشارژ باتری

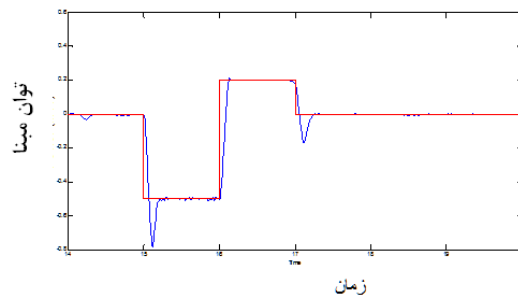
شکل (۱۷) همانطور که مشاهده می شود در ثانیه ۱۰ مقدار تابش از ۸۰۰ به ۱۰۰۰ تابش بیشتر شده و در ثانیه ۴۰ دوباره به ۸۰۰ کاهش یافته است.

### ۴-۳- بلوک داخلی Super capacitor



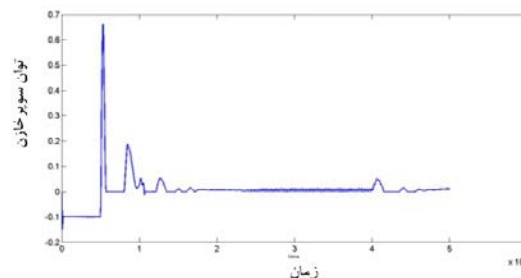
شکل (۱۸) بلوک داخلی Super capacitor و مبدل

همانطور که مشاهده می شود ولتاژ خروجی سوپر خازن توسط مبدل باک و بوست و کنترلر تنظیم می گردد تا در صورت کمبود ولتاژ افت ولتاژ اصلاح گردد و شارژ و دشارژ سوپر خازن در صورت افزایش ولتاژ خروجی سوپر خازن شارژ و در صورت کاهش ولتاژ وارد مدار میشود.



شکل (۱۹) دنبال کردن توان مبنای توسط سوپر خازن

دنبال کردن توان مبنای توسط سوپر خازن در شکل ۱۹ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میشود سوپر خازن نسبت به باتری بسیار سریع تر پاسخ میدهد. و تغییرات توان سوپر خازن به صورت ذیل می باشد.



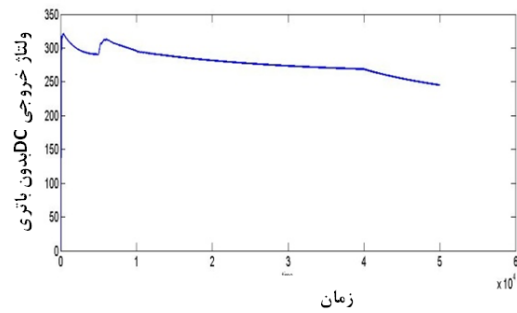
شکل (۲۰) نوسانات توان خروجی سوپر خازن با توجه به افت ولتاژ

وکنترلر ولتاژ **dc** برابر ۳۲۶ ولت حاصل گردید البته در ۵ ثانیه اول باتوجه به اغتشاشات طبیعی ولتاژ خروجی نوسان دارد که بعد از بکارگیری و عمل کردن کنترلر شکل موج ولتاژ خروجی ثابت گردید در ضمن سوپرخازن نسبت به تغییرات ولتاژ خروجی سریعتر از باتری عمل می کند ولتاژ خروجی را سریعتر نسبت به باتری در صورت کمبود توان جبران می کند که از مزایای بکارگیری سوپر خازن است. در ضمن در این مقاله روش کنترل توربین بادی و فتوولتائیک و سوپرخازن گفته شده است .

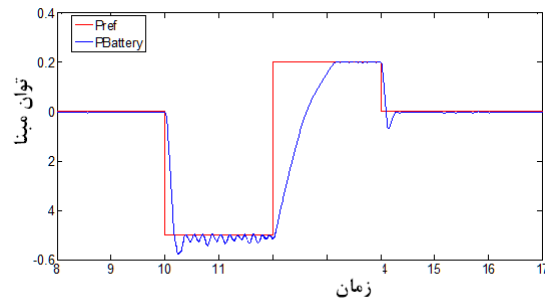
نتایج در استفاده از ابر خازن ها نشان می دهد که در یک مدت کوتاه، اختلاف بین پیک توان لازم و متوسط در اثر تغییرات شدید بار، جبران افت ولتاژ انجام می پذیرد. به عبارت دیگر، هنگام راه اندازی موتور با هر تغییر ناگهانی، ابر خازنها می توانند قدرت توان اکتیو و راکتیو مورد نیاز بار، بهبود بازده و کیفیت توان، ذخیره انرژی سیستمهای ترکیبی را بر عهده داشته باشد در ضمن دنبال کردن ولتاژ خروجی نسبت به باتری بهتر صورت می گیرد. که در شبیه سازی نشان داده شده است همچنین این مورد باعث عکس العمل سریعتر نسبت به افت ولتاژ می شود و نوسان ولتاژ به سرعت جبران می شود. در ضمن سیستم فتوولتائیک و توربین بادی با قابلیت **MPPT** جهت بدست آوردن حداکثر ولتاژ بکار رفته است.

### منابع

- [1] E. Ribeiro and A. J. M. Cardoso C. Boccaletti " Power Conditioning and Energy Management in a Renewable Energy Based Hybrid System for Telecommunications" IEEE 2011.
- [2] Liu fangcheng, Liu jinjun, zhang haodong " Energy management of hybrid energy storage system (HESS) based on sliding mode control" IEEE Vol . no . pp 406-410 ,June 2012.
- [3] P. A Stott and m. a. Mueller and v. delli colli and f marignetti " dc link voltage stabilization in hybrid renewable diesel system" IEEE 2007.
- [4] Liyan Qu, Wei Qiao "Constant Power Control of DFIG Wind Turbines With Supercapacitor Energy Storage" IEEE Transactions On Applications, Vol 47, No. 1, January 2012.
- [5] Ali H. Kasem alaboudy, Ahmad A. daoud Sobhy, S. Desouky "Converter Control and Flicker Study of PMSG-based grid connected Wind Turbines" Journal 2012.
- [6] Marcelo Gradella Villava, Jonas Rafael Gazoli, Ernesto R. Upper Filho " Cmprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays" IEEE Transaction On Power Electronic Vol.24 No.5 May 2009.
- [7] Sungwoo Bae, Alexis Kawasinski " Dynamic Modeling and Operation Strategy for a Microgrid With and Photovoltaic Resources" IEEE Vol.3 No. 4 December 2012.



شکل ( ۲۶ ) ولتاژ خروجی بدون استفاده از باتری ولتاژی ناپسامان است.



شکل (۲۷) دنبال کردن توان مینا توسط باتری دنبال کردن توان مینا توسط باتری در شکل ۲۷ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود عکس العمل دیرتر نسبت به سوپر خازن مشاهده می شود. که یکی از مزایای بکارگیری سوپر خازن نسبت به باتری و بکارگیری آن در سیستم است.

### ۱۱-نتایج

ترکیب توربین بادی و فتوولتائیک و سوپر خازن و باتری و بار دی سی و اینورتر جهت اتصال به بار **ac** توربین بادی بکاررفته دارای حداکثر توان خروجی است باتوجه به بکارگیری **MPPT** و استفاده از کنترلر برای کنترل بر روی ژنراتور توربین بادی **PMSG** و دنبال کردن حداکثر **Cp** که برابر ۰.۴ است توسط توربین بادی و خروجی حداکثر از پنل فتوولتائیک با بکارگیری سیستم **MPPT** و کنترل بروی مبدل ولتاژ خروجی پنل فتوولتائیک و بکارگیری باتری و سوپر خازن برای از بین بردن نوسانات ولتاژ خروجی استفاده شده است در ضمن بکارگیری کنترلر استفاده شده است تا کنترل بر توربین بادی و فتوولتائیک انجام شود و کمبود ولتاژ خروجی توربین بادی و سوپر خازن و شارژ باتری و سوپر خازن با استفاده از این کنترلر انجام شود پس از شبیه سازی مشاهده شد ترکیب توربین بادی و فتوولتائیک و سوپر خازن و باتری