یک روش کنترلي جديد براي اتصال مبدل‌هاي فتوولتائیک به شبکه سراسري

مهدی سلیمی[۱و۲]، سیدمحمدتقی بطحایی[۲]، علیرضا صالحی[۲]، مسعود درویش اسکندری[۱]

۱ـ جهاد دانشگاهی واحد خواجه نصیر ـ شاخه تحقیقات FACTS
۲ـ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسي ـ دانشکده برق

چکیده

در این مقاله يك روش کنترلي جديد براي اتصال مبدل‌هاي فتوولتائیک به شبکه سراسری ارائه گرديده است, بطوريکه این روش علاوه بر کنترل تزریق توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبکه، قابليت جبران‌سازي توان راکتيو و هارمونیک‌هاي جريان بار را نيز دارد. این سیستم بصورت موازي بین شبکه و بار متصل مي‌شود. این روش کنترلي امکان آن را دارد که در صورت قطع شدن شبکه، توان مصرفي بار (اعم از توان اکتيو و توان راکتيو) تأمین شود. يکي از مهمترين قابليت‌هاي روش ارائه شده این است که اگر توان تولیدی توسط آرایه‌های خورشیدی کمتر از قدرت اینورترها باشد, می‌توان از مابقی ظرفیت برای جبران‌سازی توان راکتیو و نیز فیلتر نمودن هارمونیک‌های جریان بار استفاده کرد تا جریان کشیده شده از شبکه کاملاً سینوسي شده و ضریب توان مساوي یک گردد. در ادامه، براي بررسي صحت عملکرد این روش، سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه براساس این روش کنترلي شبیه‌سازي شده‌اند.

واژه‌هاي کليدي: *سیستم‌هاي فتوولتائیک متصل به شبکه، جبران‌سازي توان راکتيو، جبران‌سازي هارمونیک‌هاي جريان، تئوري توان راکتيو لحظه‌اي* (instantaneous reactive power theory)

۱ـ مقدمه

آرايه‌های فتوولتائیک، انرژي خورشيدي را به صورت مستقیم به انرژي الكتريكي تبديل مي‌كنند و در مقايسه با سيستم‌هاي سنتي توليد انرژي، باعث آلودگي محيط زيست نمي‌گردند. به همين دليل سيستم‌هاي فتوولتائیک را منابع توليد انرژي *"سبز"* يا *"تميز"* نيز مي‌نامند. همزمان با افزايش مشكلات ناشي از آلودگي محيط زيست و همچنين كاهش ذخاير انرژي‌هاي فسيلي، استفاده از سيستم‌هاي فتوولتائیک در سال‌هاي اخير به شدت افزايش يافته است [۱].

از نظر تاريخي، سيستم‌هاي فتوولتائیک به خاطر هزينه‌هاي بالايي كه داشتند، عموماً براي تأمين توان الكتريكي مورد نياز ماهواره‌ها استفاده مي‌شدند. اما با رشد فزآينده صنعت نيمه هادي در سال‌هاي اخير و كاهش هزينه‌هاي توليد ادوات نيمه هادي، امروزه آرایه‌های خورشیدی كاربردهاي گسترده‌اي پيدا نموده‌اند كه يكي از آنها، سيستم‌هاي فتوولتائیک متصل به شبكه است. اين سيستم‌ها براي تزريق توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبكه استفاده مي‌شوند و روش‌هاي متعددي براي كنترل آنها ارائه گرديده است [۵]-[۲].

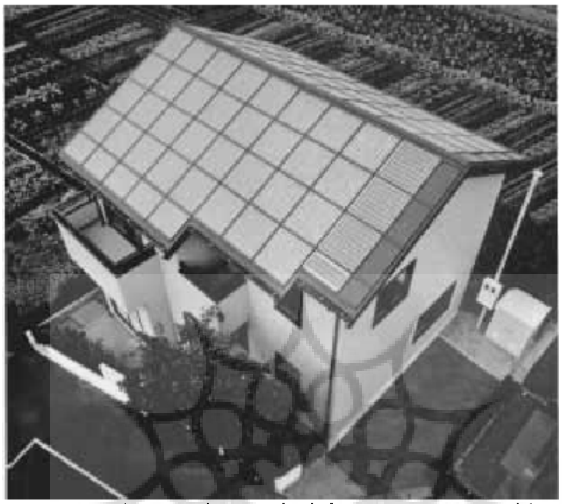
در اين مقاله، روش كنترلي جديدي براي اتصال سيستم‌هاي فتوولتائیک به شبكه ارائه گرديده است و شكل (۲) ساختار كلي چنين سيستم‌هايي را نشان مى‌دهد. در اين شكل، اگر سيستم فتوولتائیک وجود نداشته باشد، بديهي است كه كل توان اكتيو و راكتيو مصرفي بار توسط شبكه تأمين خواهد شد. اگر سيستم فتوولتائیک فقط توان اكتيو به شبكه تزريق كند ([۲]و[۴])، توان اكتيو كشيده شده از شبكه توسط بار كاهش خواهد يافت ولي توان راكتيو كشيده از شبكه ثابت مي‌ماند. در اين صورت ضريب توان شبكه كاهش خواهد يافت كه مطلوب نيست. براي رفع اين مشكل، روش كنترلي استفاده شده بايد قابليت توليد توان راكتيو را نيز داشته باشد ([۳] و [۵]). اگر سيستم فتوولتائیک دقيقاً توان راكتيو مورد نياز بار را توليد كند، در اين صورت ضريب توان شبكه واحد خواهد شد. لازم به ذكر است كه معمولاً براي آنكه آرايه خورشيدي تحت شرايط مختلف بيشترين توان ممكن را توليد كند، از يک مبدل DC/DC براي اتصال آرايه خورشيدي به اينورتر استفاده مي‌شود. اين مبدل، موضوع مورد بحث اين مقاله نبوده و در مراجع [۸] - [۶] به خوبي توضيح داده شده است.

استفاده از بارهاي غيرخطي، سبب ايجاد هارمونيک‌هاي جريان در شبكه سراسري مي‌شود. وجود چنين هارمونيک‌هايي باعث توليد تلفات اضافي در خطوط انتقال و كاهش ضريب توان مي‌گردد. همچنين ممكن است خازن‌هايي كه بصورت موازي به شبكه وصل شده‌اند، سبب ايجاد تشديد با اين هارمونيک‌ها شوند.

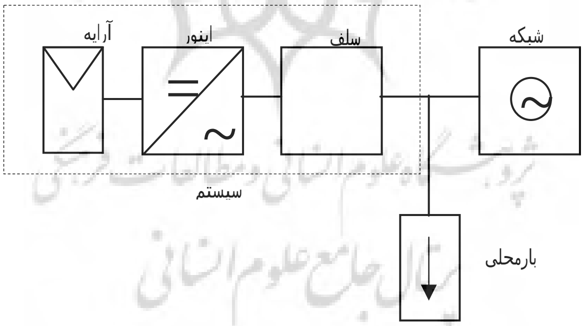
در[۹] بيان شده است كه هارمونيک‌ها سبب ايجاد اختلال در كاركرد وسائل حساس، سيستم‌هاي مخابراتي و... نيز مي‌شوند.

اخيراً نشان داده شده است كه مي‌توان از اينورترهاي متصل به شبكه به صورت فيلتر فعال نيز (active filter) استفاده كرد [۱۱] - [۱۰]. در اين مقاله، روش كنترلي جديدي براي اتصال سيستم‌هاي فتوولتائیک به شبكه ارائه شده است. در اين روش، سيستم فتوولتائیک علاوه بر تزريق توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبكه و همچنين جبران توان راكتيو مورد نياز بار، هارمونيک‌هاي جريان بار را نيز جبران مي‌كند. جبران هارمونيک‌هاي بار توسط اين روش كنترلی سبب مي‌شود كه جريان شبكه كاملاً سينوسي گردد و هارمونيک‌هاي بار وارد شبكه نشود. در اين روش كنترلي، اگر توان توليدي

توسط آرایه‌هاي خورشيدي کمتر از قدرت اینورترها باشد، از مابقی ظرفیت مي‌توان برای جبران‌سازی توان راکتیو و یا فیلتر نمودن هارمونیک‌ها استفاده کرد. یکي ديگر از ويژگي‌هاي روش ارائه شده این است که در صورت قطع شبکه سراسري، سیستم فتوولتائیک توانائي تأمین توان مورد نیاز بار را دارد. این سیستم در این حالت به صورت منبع تغذیه بدون وقفه (.U.P.S) کار خواهد کرد.



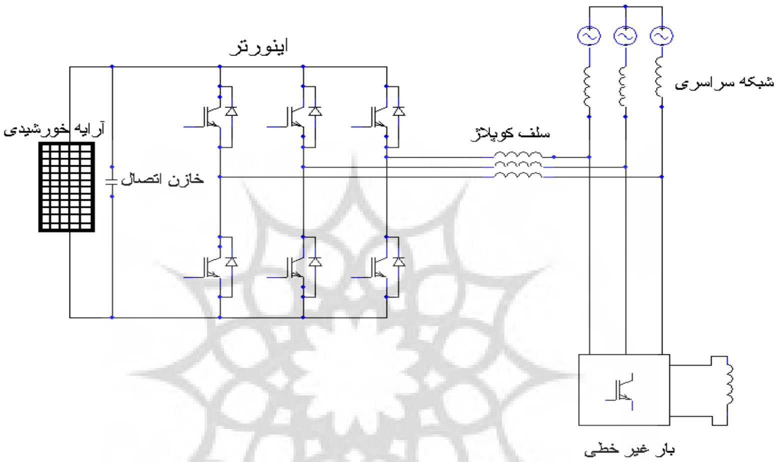
شکل ۱ـ سیستم فتوولتائيك متصل به شبكه



شکل ۲ـ ساختار کلي سیستم‌هاي فتوولتائيك متصل به شبكه

۲- اصول عملکرد

در شکل (۳) سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه با جزئیات بیشتري نشان داده شده است. در این سیستم ، آرایه هاي خورشیدي توسط یک اینورتر منبع ولتاژي (Voltage Source Inverter :VSI) به شبکه وصل شده اند. براي اتصال VSI به شبکه از یک اندوکتانس هم سري استفاده شده است. این اندوکتانس سري امکان کنترل توان خروجي اینورتر را فراهم مي کند. با توجه به اینکه رفتار کلي آرایه‌هاي خورشیدي بصورت یک منبع جریان است [۱۲] ، براي اینکه بتوان آنها را همراه VSI استفاده کنیم ، از یک خازن dc در ورودي اینورتر استفاده شده است.



شکل ۳ـ جزئیات اتصال سیستم‌هاي فتوولتائیك به شبکه

از دیدگاه شبکه و براساس چگونگي روش کنترل، VSI ممکن است بصورت یک منبع ac، بار مقاومتي، سلف و یا خازن که همگي داراي توان ظاهري یکساني هستند تلقي شود. در شرایط عادي، سیستم فتوولتائیک علاوه بر تزریق توان تولیدي توسط آرایه‌هاي خورشیدي به شبکه، هارمونیک‌هاي جریان بار و همچنین توان راکتیو مصرفي توسط بار را نیز تولید مي‌کند. در این صورت جریان کشیده شده و یا تزریق شده به شبکه کاملاً سینوسي بوده و همچنین با ولتاژ شبکه هم فاز خواهد بود. (ضریب توان شبکه تقریباً مساوي یک مي‌شود.)

توپولوژي استفاده شده در این مقاله یک مبدل منبع ولتاژي (VSI) است زیرا با توجه به کنترلرهای استفاده شده، ولتاژ ورودي اینورتر (ولتاژ خازن) تقریبا ثابت است. یکي از روش‌هاي کنترل VSIها، کنترل جریان خروجي آنها است.

استفاده از روش کنترل جریان براي اتصال سیستم هاي فتوولتائیک به شبکه مناسبتر است زیرا:

- از آنجایي که شبکه یک منبع ولتاژ تقریبا ثابت است، مي‌توان براي کنترل توان مبادله شده بین VSI و شبکه، فقط جریان عبوري از VSI به شبکه یا بالعکس را کنترل کرد.

- اگر از روش کنترل ولتاژ براي اتصال سيستم فتوولتائيک به شبکه استفاده شود، کوچکترين خطايي در فاز ولتاژ خروجي اينورتر موجب عبور جريان زيادي از سيستم مي‌شود. در حاليکه سيستم‌هاي مبتني برروش کنترل جريان داراي چنين مشکلاتي نيستند. [۱۳]

در اين مقاله، از روش هيسترزيس براي کنترل جريان اينورتر استفاده شده است. [۱۴].

در روش ارائه شده در اين مقاله, کنترلر سيستم فتوولتائيک براساس توان توليدي آرايه خورشيدي و همچنين جريان‌هاي هارمونيکي و توان راکتيو مصرفي بار، جريان مرجع اينورتر را مشخص مي‌کند و آن را در اختيار کنترلر هيسترزيس قرار مي‌دهد. کنترلر هيسترزيس فرمان‌هاي کليدزني اينوتر را طوري صادر مي‌کند که جريان خروجي اينورتر مساوي جريان مرجع گردد.

چگونگي کارکرد سيستم‌هاي فتوولتائيک متصل به شبکه کاملاً وابسته به استراتژي کنترل انتخاب شده براي مبدل VSI است. در حالت کلي، استراتژي کنترل اين سيستم‌ها بايد توانايي‌هاي زير را داشته باشد:

۱ـ توليد شکل موج جريان مرجع هرسه فاز

۲ـ تثبيت ولتاژ خازن dc ورودي

۳ـ استراتژي کنترل:

در اين مقاله، براي مشخص کردن جريان‌هاي مرجع اينورتر، از تئوري توان راکتيو لحظه‌اي که توسط Akagi بر کنترل فيلترهاي فعال ارائه گرديده است استفاده مي‌شود [۱۵]. در اين سيستم، جريان‌هاي مرجع، جريان‌هايي هستند که اگر توسط اينورتر توليد شوند، توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبکه تزريق شده و جريان‌هاي هارمونيکي و توان راکتيو بار توسط اينورتر جبران مي‌شود. تئوري توان راکتيو لحظه‌اي براساس انتقال متغيرهاي ولتاژ و جريان به مختصات $\alpha\beta$ بنا نهاده شده است. مقادير لحظه‌اي متغيرهاي ولتاژ و جريان در مختصات $\alpha\beta$ را مي‌توان توسط معادله زير محاسبه کرد:

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = [A].\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad , \quad \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = [A]\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

که در معادلات فوق [A] ماتريس انتقال است:

$$[A] = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

توابع تبديل فوق در صورتي صادق هستند که $v_a + v_b + v_c = 0$ بوده و ولتاژهاي v_a، v_b و v_c سينوسي و بالانس باشند. توان اکتيو و راکتيو لحظه‌اي در مختصات $\alpha\beta$ را مي‌توان توسط معادلات زير حساب کرد:

$$p(t) = v_\alpha(t)i_\alpha(t) + v_\beta(t)i_\beta(t) \qquad (۳)$$

$$q(t) = -v_\alpha(t)i_\beta(t) + v_\beta(t)i_\alpha(t) \qquad (۴)$$

جريان‌هاي i_α و i_β را بر حسب مقادير توان‌هاي لحظه‌اي بصورت زير مي‌توان نوشت :

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{{v_\alpha}^2 + {v_\beta}^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \tag{۵}$$

مقادير p و $q-$ كه توسط معادلات (۳) و (۴) بيان شده است ـ را مي‌توان به صورت حاصل جمع مؤلفه dc و مؤلفه ac آنها در نظر گرفت:

$$\overline{p} = \overline{p} + \tilde{p} \tag{۶}$$

$$q = \overline{q} + \tilde{q} \tag{۷}$$

كه در معادلات فوق:

$\overline{p}$: مؤلفه dc توان لحظه‌اي p است و به مؤلفه اصلي جريان اكتيو مربوط مي‌شود.

$\tilde{p}$: مؤلف ac توان لحظه‌اي p است و مربوط به آن دسته از جريان‌هاي هارمونيكي است كه توسط جزء اكتيو توان لحظه‌اي توليد مي‌شوند.

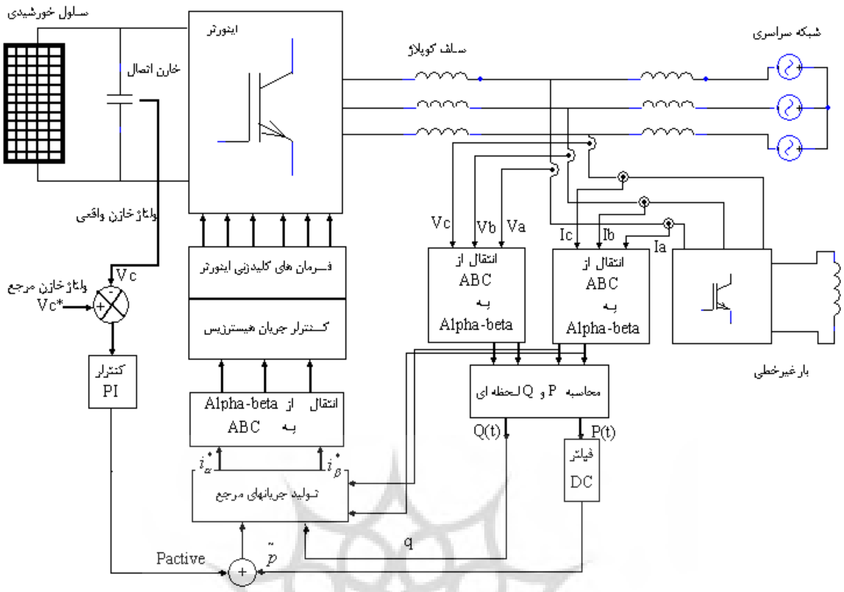
$\overline{q}$: مؤلفه dc توان لحظه‌اي q است و به توان راكتيوي كه توسط مؤلفه‌هاي اصلي ولتاژ و جريان توليد مي‌شود، مربوط است.

$\tilde{q}$: مؤلفه ac توان لحظه‌اي q است و مربوط به آن دسته از جريان‌هاي هارمونيكي است كه توسط جزء راكتيو توان لحظه‌اي توليد مي‌شود. براي آنكه سيستم فتوولتائيک بتواند توان راكتيو و جريان‌هاي هارمونيكي توليد شده توسط بارهاي غيرخطي را توليد كند، جريان مرجع آن بايد شامل مقادير $\tilde{p}$ ، $\overline{q}$ و $\tilde{q}$ باشد. مزيت استفاده از تئوري فوق اين است كه در آن، توان‌هاي اكتيو و راكتيو متناظر با مؤلفه اصلي ولتاژ جريان به صورت dc هستند و در صورت نياز مي‌توان به راحتي هر كدام را حذف كرد.

در سيستم‌هاي فتوولتائيک متصل به شبكه، استراتژي كنترلي VSI بايد علاوه بر جبران توان راكتيو و هارمونيک‌هاي جريان مربوط به بار، توان اكتيو توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي را نيز به شبكه تزريق كند. در صورت صرفنظر كردن از تلفات اينورتر تفاوت بين توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي و توان اكتيو تزريقي به شبكه در خازن dc ذخيره مي‌شود:

$$\int_{-\infty}^{t} (V_c i_{pv} - P_{active}) d\lambda = \frac{1}{2} C V_c^2 \tag{۸}$$

كه در معادله فوق، V_c ولتاژ لحظه‌اي خازن ورودي اينورتر، i_{pv} جريان لحظه‌اي كشيده شده از آرايه خورشيدي و P_{active} توان لحظه‌اي تزريق شده به شبكه از طريق اينورتر است. اگر توان توليدي توسط آرايه خورشيدي به شبكه تزريق نگردد، با توجه به اينكه آرايه‌هاي خورشيدي داراي ماهيت منبع جرياني هستند، ولتاژ خازن به صورت خطي زياد خواهد شد. بايد كنترلر ميزان توان اكتيو تزريقي به شبكه را طوري كنترل كند كه ولتاژ خازن همواره ثابت بماند.



شکل ٤ـ استراتژي کنترلي سيستم‌هاي فتوولتائيك متصل به شبکه

بنابراين ميزان توان اكتيو تزريقي از سلول‌هاي خورشيدي به شبکه را مي‌توان بصورت زير نوشت:

$$P_{active} = K_p\left(V_c^* - V_c\right) + K_I \int \left(V_c^* - V_c\right) dt \quad (٩)$$

كه در معادله فوق V_c^* ولتاژ مرجع خازن، V_c ولتاژ لحظه اي خازن، K_p و K_I ضرايب تناسبي و انتگرالي مربوط به كنترلر PI هستند. انتخاب اين ضرايب براساس مصالحه اي بين عملكرد حالت دائمي و ديناميكي سيستم صورت مي گيرد. اگر K_p و K_I بزرگ در نظر گرفته شوند، خطاي حالت ماندگار پاسخ كاهش خواهد يافت. از طرفي ديگر اگر K_p و K_I كوچک باشند، عملكرد ديناميكي سيستم در برابر تغييرات ميزان تابش نور خورشيد و درجه حرارت محيط بهتر خواهد بود.

با توجه به معادله (۵)، جريان‌هاي مرجع سيستم فتوولتائيک در مختصات $\alpha\beta$ که توانايي توليد توان راكتيو و جريان‌هاي هارمونيكي بار و تزريق توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبکه را دارد، به صورت زير قابل بيان است:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha^* \\ i_\beta^* \end{bmatrix} = \frac{1}{V_\alpha^2 + V_\beta^2} \begin{bmatrix} V_\alpha & V_\beta \\ V_\beta & V_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{p}_L + P_{active} \\ \bar{q}_L + \tilde{q}_L \end{bmatrix} \quad (١٠)$$

در معادله فوق، V_α و V_β ولتاژ بار در مختصات $\alpha\beta$ و i_α^* و i_β^* جريان‌هاي مرجع سيستم فتوولتائيک در مختصات $\alpha\beta$، P_L و q_L توان لحظه‌اي بار در مختصات $\alpha\beta$ و P_{active} خروجي مربوط به كنترلر ولتاژ خازن dc ورودي است. جريان‌هاي مرجع را مي‌توان در مختصات abc به صورت زير نوشت:

$$\begin{bmatrix} i_a^* \\ i_b^* \\ i_c^* \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha^* \\ i_\beta^* \end{bmatrix} \tag{۱۱}$$

اگر جريان خروجي اينورتر مساوي i_a^*، i_b^* و i_c^* گردد: توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي به شبکه طوري تزريق مي‌گردد که ولتاژ خازن dc ورودي همواره ثابت بماند.

۱ـ جريان‌هاي هارمونيکي و توان راکتيو بار توسط اينورتر تأمين مي‌شود بطوريکه ضريب توان شبکه تقريباً معادل يک شده و جريان هارمونيکي وارد شبکه نمي‌شود.

اگر توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي کم باشد، کنترلر مربوط به ولتاژ خازن مي‌تواند مقداري توان اکتيو از شبکه جذب کند تا در اثر تلفات اينورتر ولتاژ خازن افت نکند و سيستم فتوولتائيک در اين حالت قادر است که توان راکتيو و جريان‌هاي هارمونيکي بار تأمين کند.

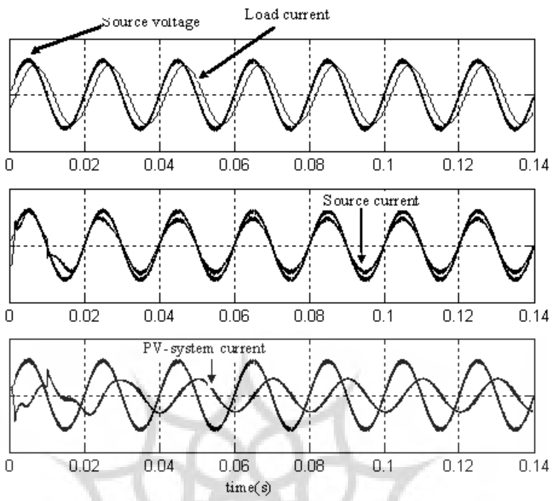
۴ـ نتايج حاصل از شبيه‌سازي:

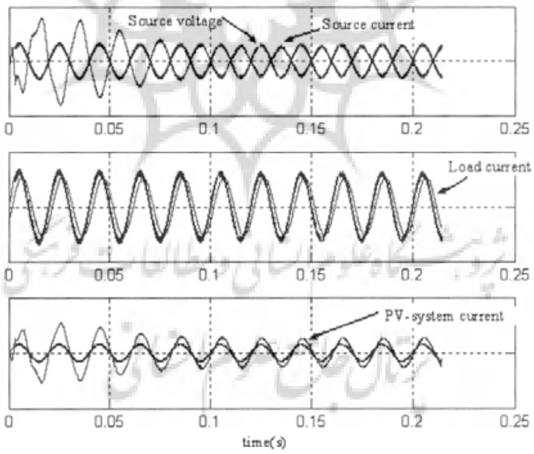
در اين بخش به منظور بررسي صحت روش ارائه شده، سيستم فتوولتائيک متصل به شبکه براساس استراتژي کنترلي اشاره شده در بخش ۳، با استفاده از نرم افزار MATLAB شبيه‌سازي شده است. پارامترهاي استفاده شده در شبيه‌سازي عبارتند از: ولتاژ فاز به نول شبکه:۲۲۰ ولت، ولتاژ مرجع خازن dc ورودي: ۸۰۰ ولت ، ظرفيت خازن وروري 1mF و سلف اتصال به شبکه: ۵۰۰ ميکروهانري.

در روش کنترل جريان اينورتر به روش هيسترزيس، اگر پهناي باند هيسترزيس ثابت باشد، فرکانس کليدزني در هر سيکل متغير خواهد بود. براي رفع اين مشکل در اين مقاله پهناي هيسترزيس طوري تنظيم مي‌شود که فرکانس کليدزني همواره حدود 10KHz ثابت بماند. ابتدا از يک بار RL به عنوان مصرف‌کننده توان راکتيو استفاده شده است. نتايج حاصل از شبيه‌سازي براساس مدل ارائه شده در شکل (۵) نشان داده شده‌اند. در شکل (۵)ـ الف فرض شده است که توان توليدي توسط آرايه‌هاي خورشيدي کم است و سيستم متصل به شبکه فقط توان راکتيو بار را توليد مي‌کند. در اين حالت توان اکتيو مصرفي بار از شبکه کشيده مي‌شود. در شکل (۵)ـ ب فرض شده است که توان توليدي توسط آرايه خورشيدي بيش از توان مورد نياز بار است. در اين حالت ملاحظه مي‌شود که سيستم فتوولتائيک علاوه بر تغذيه توان اکتيو و توان راکتيو مورد نياز بار، توان اکتيو به شبکه هم تزريق مي‌کند. براي بررسي چگونگي جبران هارمونيک‌هاي بار توسط اين سيستم، از يک يکسو کننده ديودي سه فاز تمام پل به عنوان بارغير خطي استفاده شده است. نتايج حاصل از شبيه‌سازي نشان مي‌دهد که عليرغم هارمونيکي بودن جريان بار و همچنين مصرف توان راکتيو توسط آن، جريان کشيده شده از شبکه در شکل (۶)ـ الف و همچنين جريان تزريق شده به شبکه در شکل (۶)ـ ب تقريبا سينوسي و هم فاز با ولتاژ خط است. در شکل (۶)ـ الف ملاحظه مي‌شود که سيستم فتوولتائيک فقط جريان‌هاي هارمونيکي و توان راکتيو بار را جبران مي‌کند. اين سيستم در اين حالت بصورت فيلتر فعال (Active Filter) عمل مي‌کند. يکي از مزاياي روش کنترل آورده شده در اين مقاله اين است که اگر در حين کار سيستم ولتاژ شبکه قطع شود، اين

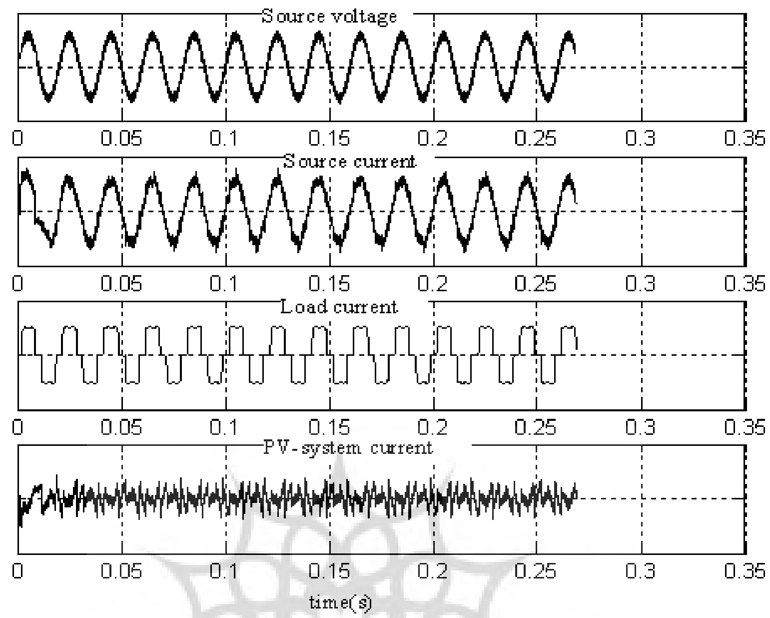
سيستم مي‌تواند بصورت مجزا از شبكه توان مورد نياز بار را تأمين كند. در اين حالت سيستم فتوولتائيک بصورت .U.P.S كار مي‌كند.

شكل ٥) الف ـ يك توان راكتيو مصرفي بار را تأمين مي‌كند

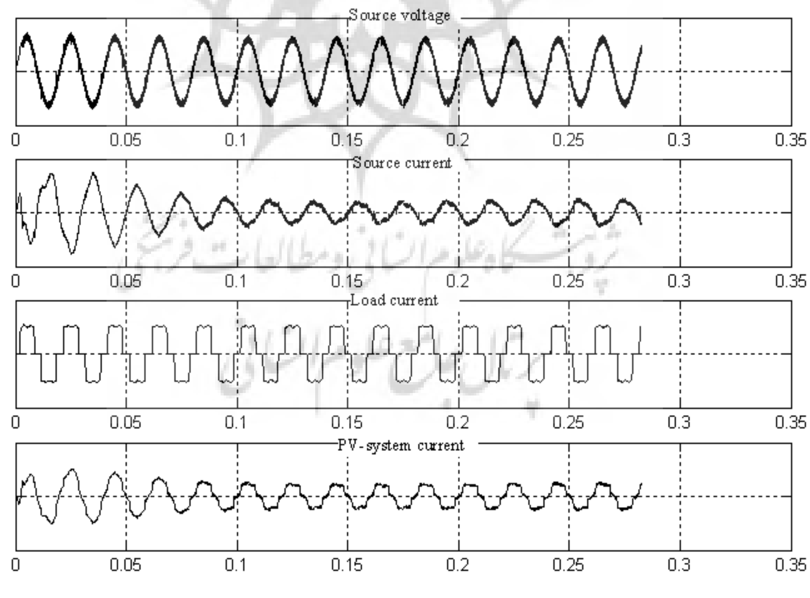




شكل ٥) ب ـ سيستم فتوولتائيك علاوه بر تأمين راكتيو مصرفي براي توان اكتيو به شبكه هم تزريق مي‌كند



شکل ٦) الف ـ سیستم فتوولتائیك علاوه بر تأمین راكتیو مصرفي بار هامونیك‌هاي جریان بار را نیز تولید مي‌كند



شکل ٦) ب ـ سیستم فتوولتائیك علاوه بر جبران‌سازي بار، توان اكتیو هم به شبكه تزریق مي‌كند

۵ـ نتیجه‌گیري:

در این مقاله استراتژي کنترلي جدیدي براي سیستم‌هاي فتوولتائیک متصل به شبکه ارائه شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازي نشان مي‌دهد که این سیستم می‌تواند صرفنظر از میزان توان تولیدي توسط آرایه‌هاي فتوولتائیک، همواره توان راکتیو و جریان‌هاي هارمونیکي بار را تا سقف قدرت اینورترها جبران کند.

همچنین در صورت قطع شبکه اینورترها بدون هیچ وقفه‌ای بار را تغذیه خواهند کرد.

٦ـ قدرداني و تشکر:

مؤلفین از همکاریهاي مسئولان محترم جهاد دانشگاهي واحد خواجه نصیرالدین‌طوسي براي انجام این تحقیقات کمال تشکر را دارند.

۷ـ منابع

1- H. Watanabe, T. Shimizu. And G. Kimura "A novel utility interactive photovoltaic inverter with generation control circuit" IEEE, 1998
2- M. Andersen and T.B. Alvsten "200W low cost module integrated wittily interface for modular photovoltaic energy systems", IEEE, 1995
3- S. Kim, G.Yoo and J. song "A Bi functional utility connected photovoltaic systems with power factor correction and U.P.S. facility", IEEE, 1996
4- M.F. Rahman and L. Zhong "A new, transformer less photovoltaic array to utility grid interconnection" IEEE, 1997
5- L.J. Borle, M.S. Dumont and C.V. Nayer, "Development and testing of a power conditioning system in Western Australia", IEEE tranoction on industry applications 33, 1-7, 1997
6- Z. Sallameh and D. Taylor, "step-up maximum power point Tracking for photovoltaic Arrays", solar Energy, vol. 44, No.1, P.57, 1990
7- W. Teulings, J.C. Marpinard, A. capel and D.O Sullivan "A New maximum power point Tracking system", IEEE, 1993
8- H. Sugimoto and H. Dong, "A New scheme for maximum photovoltaic power tracking control" IEEE, 1997
9- V.E. Wagner, "Effect of harmonics on equipments", IEEE Trans. Power Delivery, vol8, pp.672-680, Apr 1993