www.IrPDF.com

بسمه تعالي

استفاده از موتور القايي سه فاز با منبع تكفاز بواسطه خازن كنترل شده الكترونيكي

حامد ولي زاده حقي
دانشكده مهندسي برق دانشگاه تبريز ايران
نسخه اوليه، آذرماه ۱۳۸۳
نسخه بازبینی شده، فروردین ۱۳۸۴

چكيده

دراين مقاله هدف ما بررسي عملكرد موتور القايي سه فاز با برق تكفاز مي باشدكه از خازن كنترل شده الكترونيكي و يـك سوويچ الكترونيكي بصورت سري با خازن ثابت استفاده مي كند تا در تمام شرايط بارداري ولتاژهاي فاز موتور حداكثر تعـادل را داشته باشند.

ضمنا از هيچ كليد مكانيكي يا گريز از مركز استفاده نشده است.عملكرد پايه اي سيستم ،انااليز بصورت تئوري و نتايج شبيه سازي و ازمايشي در مقايسه با عملكرد قابل پيش بيني در استفاده از يك يا دوخازن ثابت در اين مقاله موجود است . ظرفيت خازن بصورت مؤثر و بينه مي تواند در هنگام استفاده و تحت هر سرعت مورد نياز تعيين گردد، كه اين امر توسط تغيير تناوبي در چرخه كار كليد كنترل شده مي باشد تا اغتشاش در ولتاژهاي فاز حداقل گردد و كاركرد موتور در سرعت هاي مختلف ببود يابد.

كلمات كليدي : خازن كنترل شده ، چرخه كار ، موتور القايي ، اغتشاش حداقل

۱ ـ مقدمه

در حال حاضر در سراسر جهان سيستم تغذيه سه فاز قابل دسترسي مي باشد.البته بجـز در برخـي از نواحي روستايي كه فقط برق تكفاز دارند .اگرچه موتور هاي تكفاز در قدرت هاي كسري از اسب بخارمتداول هستند اما اين موتورها در نرخ هاي بالاي نيم كيلو وات غير اقتصادي مي باشند. به همين دليل تمايل روز افـزوني براي استفاده از موتور هاي سه فاز استاندارد ايجاد شده است كه در صورت نبود برق سه فاز از برق تكفـازبره مي برند. {۱-۳} شايد در بسياري از كاربردها لازم باشد تا از موتور القايي سه فاز در سيستم بـرق تكفـاز استفاده شود.براي مثال نصب سيستم با سيم منفرد كه سيم نول ان زمين باشـد (SWER - single wire earth return) در ابتداي كار براي تجهيزات الكتريسيته روستايي سيار يا كوهستاني از لحاظ فني واقتصادي باصرفه تـر است .چنانچه بعدا نياز به بار بيشتر شد ،مي توان سيستم SWER را به سيستم قدرت سه فاز متعـادل تبـديل كرد. مجموعه پمپهاي ابياري كه اغلب قسمت عمده بار را به سيستم تحميل مي كنند،مي توانند هـم از موتـور تكفاز وهم از موتور سه فاز با مبدل فاز خازني استفاده كنند ، كه در دومين مورد بعدا كه برق سه فاز نصـب

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

گردید مستقیما قابل استفاده خواهد بود. مثال دیگر پمپ قابل حمل (portable) است که در اکثر موارد هم بـا برق سه فاز و هم تکفاز (بسته به انچه در محل موجود است) قابل استفاده است.{٤}

وقتي موتور القايي سه فاز به سيستم برق تكفاز متصل مي شود ، واضح است كه ، گشتاور راه اندازي بوجود نخواهد امد مگر اينكه موتور كمي داراي فرم سيم پيچي چند فازه باشد ، كه در اينصورت ولتاژها در هر فاز ايجاد مي شوند. اين فرم را مي توان با اتصال يك خازن فاز سري شده با يكي از فازهاي موتور بدست اورد. نقش اين خازن توليد فاز اصلي است تا موتور بصورت ماشين دو فاز نزديك حالت تعادل كار كند.بـراي اين منظور بايد مقدار اين خازن بنا به امپدانس موتور با دقت انتخاب گردد. متاسفانه ايـن امپـدانس در زمـان استارت نسبت به وقتي كه موتور حين كار است شديدا تغيير مي كند.در اين زمينه مشكلاتي را متحمل مي-شويم كه لزوما از انتخاب مقدار خازن براي ايجادكاركرد راضي كننده، ناشي مي شوند.

بسياري از مقالات براي بتر كردن عملكرد موتور سه فاز تحت تغذيه برق تكفاز، تكنيك هاي كنترلي متفاوتي پيشنهاد مي كنند كه در مراجع {٣-٩} به خوبي طبقه بندي شده اند. اين مقالات نشان مي دهند كه عموما ميتوان با انتخاب مبدل فاز خازني مناسب، عملكرد موتور سه فاز با تغذيه تكفاز را در اندازه فريم يكسان تا ٧٠ درصد موتور سه فاز متعادل ارتقا داد. اين امر موجب مي شود كه موتور سه فاز به خوبي موتور تكفاز با طراحي قابل قبول باشد. علاوه بر اين موتور سه فاز ارزان تر از موتور تكفاز است.

روش هاي زياد و مختلفي براي بينه كردن ظرفيت خازن وجود دارند، از قبيل : حداقل ساختن اغتشاش در ولتاژهاي فاز، ضريب توان ، توان ورودي ، بازده، گشتاور و يا جريان ورودي تا موتور كاركرد مناسبي داشـته باشد.{٤،٧،٩و١٤} اين مقاله از شيوه حداقل كردن اغتشاش (حداكثر كردن تعادل) ولتاژهاي فـاز در تمـام سرعت هاي موتور استفاده مي كند. مي توان نشان داد براي كاركرد ايده ال ، بايد خازن بطور پيوسته توام بـا سرعت ماشين تغيير كند، اما در عمل اين دامنه تغييرات به دو مقدار خازن محدود مي شود ،به اين نحـو كـه در مورد موتورهاي چند فازه يك مقدار براي دوره راه اندازي اختصاص مي يابد تا گشتاور راه اندازي افزايش يابد و مقدار ديگر طي دوره كار موتور در سرعت معمولي استفاده مي شود تا باعث ببود كاركرد و بازده موتـور گردد.{٣-٥} تغيير مقادير خازن مي تواند توسط يك كليد گريز از مركز انجام گيرد كه ممكن است عمل نكردن كليد مشكل ساز شود. علاوه بر اين اگر سرعت موتور به هر دليلي تغيير كند (از قبيل كاربرد هايي كه نياز بـه سرعت قابل تغيير دارند يا حتي ناشي از هر تغييري در شرايط باردهي) مقدار خازن ثابت كه براي زمـان كـار موتور طراحي شده است ديگر مناسب نخواهد بود و مقدار ديگري از خازن ثابت بايد جايگزين شود.چون دانش نويسنده محدود است معين كردن مقدار خازن بطور پيوسته توام باسرعت موتور مورد بحث قرار نمي گيرد.

در مراجع {١٠-١٢} Lipo et .al خازن كنترل شده اي را براي بتر كردن عملكرد موتورهاي چنـد فازه در نظر مي گيرد. سيستم از خازن با شارژ dc استفاده مي كند كه توسط سوويچ دو طرفه كه همان پـل H ترانزيستوري است، كليد زني مي شود. اين كليد براي هر چرخه بصورت اتصال كوتاه يا مدار باز با فركـانس كليدزني پايين عمل مي كند.همچنين سوويچ با صفر شدن ولتاژ دو سر خازن بسته مي شود،بنابراين سوويچينگ ولتاژ صفر قابل اجراست. موضوع اين مقاله پايه ريزي مجموعه خازن كنترل شده است كه از يك خازن ثابـت سري شده با كليد الكترونيكي استفاده مي كند، تا ظرفيت خازني قابل تغيير وپيوسته اي را براي تغذيه موتور سه فاز با برق تكفاز تامين كند. هيچ سوويچ مكانيكي يا گريز از مركز استفاده نشده است و مي توان از فركـانس

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

كليدزني بالا بره برد.همچنين سوويچينگ در ولتاژ غير صفر قابل اجرا است.اگر چرخه كار كليد الكترونيكـي بطور مناسب تعيين شود، مقدار لازم خازن را با توجه به كاركرد مطلوب موتور مي توان بدست اورد.موضـوع ديگر و متفاوت مطرح شده در اين مقاله اجراي حين نصب عمليات تنظـيم (online adjustment) اسـت. همچنين مدل رياضي توسط شبيه سازي كامپيوتري و اجراي ازمايشگاهي، مناسب سازي مـي شـود. سيسـتم مذكور سه جزء اصلي را شامل مي شود : موتور القايي، خازن كليد زني شده و مدار كنترل.خازن بزرگي كـه براي استارت لازم است بصورت دايمي با يكي از فازهاي موتور سري مي شود و يك كليد يكطرفه كه بـا پـل ديودي يكسو ساز حمايت مي شود نقش كليد دوطرفه را ايفا مي كند. واضح است كه ايده مذكور طرح سـاده اي است، چون فقط از يك كليد كنترل شده تشكيل مي شود كه باعث كاهش هزينه مي شـود. (reliability and effective cost) اين پروژه بصورت زير سازماندهي شده است : در بخش ۲ مدل رياضي براي سيسـتم موتور سه فاز با تغذيه برق تكفاز ارائه مي شود. اين مدل با استفاده از اجزاي متقارن گذرا پايه ريزي شـده و مدار معادلي در حالت دايمي شكل مي گيرد. اصول خازن كنترل شده در بخش ۳ مورد بحث قرار مي گيرد. سپس چرخه كار خازن كنترل شده را براي حداقل كردن بي نظمي در ولتاژهاي فاز تعيين مي كنيم. بخش ٤ حـاوي نتايج تجربي و شبيه سازي شده مي باشد. سرانجام مراجع در بخش ٥ ارايه مي شوند.

۲- مدل رياضي

چون سيم پيچي هاي استاتور موتور القايي سه فاز هنگامي كه با برق تكفاز تغذيه مي شود، داراي شرايط مشابه نيستند لزوما بايد از تكنيك انتقال (transformation technique) استفاده كرد تا متغيرهاي فيزيكـي بدست ايند. براي بدست اوردن معادلات جريان و ولتاژ به عنوان اجزاي منفي ومثبت، از انتقال جـزء متقـارن گذرا استفاده مي شود. اين تكنيك با فرموليزه كردن معادلات ديناميكي موتور سه فاز با تغذيه تكفاز شروع مي شود.(٥و١٤) در اين انااليز تمام پارامترهاي ماشين ثابت در نظر گرفته مي شوند. تلفات هسته، اشباع مغناطيسي و هارمونيك هاي فضايي mmf ناچيز محسوب خواهند شد.

سيم پيچي استاتور موتور سه فاز با اتصال ستاره و با تغذيه تكفاز توام با خازن كنترل شده الكترونيكي را در نظر مي گيريم كه در شكل (۱) نشان داده شده است. در اين شكل دو سيم پيچي مستقيما به منبع وصل شده اند (فاز هاي a و b) در حالي كه سيم پيچي فاز c با واسطه خازن به منبع متصل است. كميت هاي دنباله صفر وجود ندارند (سيستم سه سيمه) و مجموع جريان هاي سه فاز هميشه صفر است. علاوه بر اين كميت هاي دنباله منفي نظير به نظير مزدوج مختلط كميت هاي دنباله مثبت هستند. بنابراين براي حل كامل مساله فقط كميت هاي دنباله مثبت نياز است. با توجه به انتقال اجزاي متقارن گذرا و تشكيل مدار معادل دنباله مثبت و منفي از موتور القايي سه فاز نشان داده شده در شكل ۲، معادلات كاركرد موتور نسبت به كميت هاي دنباله اي وپارامتر هاي موتور، بصورت زير حاصل مي شوند(١٤و١٥):

$$v_s^+=(R_s+X_{1s}\,p)i_s^+ +X_m\,p(i_s^+ +i_r^+),$$

$$0=v_r^+/(1-j\,(\gamma/P))=[R'_r/(1-j\,(\gamma/P))+X'_{1r}\,p]\,i_r^+ + X_m\,p\,(i_s^+ + i_r^+) \qquad (1)$$

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

که γ سرعت مکانيکي(ω_m) برحسب پريونيت، وسرعت سنکروني (ω_s) به عنوان سرعت پايه هستند.
P عملگر $(1/\omega)(d/dt)$ است و ω فرکانس زاويه اي اعمال شده (بر حسب راديان بر ثانيه) مي باشد.
به روش مشابي مدار معادل عملي دنباله منفي مستقيما با جايگذاري j با –j در معادله هاي (۱) حاصل مي شود:

$$v_s^- = (R_s + X_{ls}\,p) i_s^- + X_m\,p(i_s^- + i_r^-),$$

$$0 = v_r^-/(1 - j\,(\gamma/P)) = [R'_r/(1 - j\,(\gamma/P)) + X'_{lr}\,p]\,i_r^- + X_m\,p\,(i_s^- + i_r^-) \qquad (2)$$

معادلات (۱) و (۲) مختلط هستند. بنابراين براي شبيه سازي راحت تر است که اين معادلات را به قسمت هاي حقيقي و موهومي تفکيک کنيم. نيز مي توانيم ولتاژها و جريان هاي دنباله مثبت را که اعداد مختلطي هستند، بصورت اجزاي حقيقي وموهومي بنويسيم:

$$v_s^+ = v_{sx} + j\,v_{sy},$$

$$i_s^+ = i_{sx} + j\,i_{sy},$$

$$i_r^+ = i_{rx} + j\,i_{ry},$$

$$v_r^+ = v_{rx} + j\,v_{ry} \qquad (3)$$

جملات دنباله منفي نظير ان هم مزدوج مختلط دنباله مثبت خواهد بود. گشتاور الکترومغناطيسي ايجاد شده را مي توان بر حسب کميت هاي دنباله اي نوشت:

$$T_e = (jX_m/\omega_s)\,(i_r^+\,i_s^- - i_s^+\,i_r^-) \qquad (4)$$

روابط ولتاژ ترمينال براي مدار استاتور که با منبع تکفاز تغذيه مي شود (شکل (۱))، بصورت زير است:

$$v_s = v_a - v_b,$$

$$v_a - (1/C)\,D^{-1}(i_C) - v_c = 0,$$

$$v_a - (X_C/P) i_c - v_c = 0 \qquad (5)$$

که در ان $X_c = 1/\omega C$ راکتانس خازني مي باشد.
روابط جريان نيز در زير ذکر شده اند :

$$i_a + i_b + i_c = 0, \qquad i_s = i_a + i_c, \qquad i_b = -i_s \qquad (6)$$

انالیز جزء متقارن گذرا بدست مي دهد :

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

$$v_s=0.57\{ v_s^+(1- a^2) + v_s^-(1 - a) \}$$

$$0 = 0.57\{ v_s^+(1- a) + v_s^-(1 - a^2) -(X_C / P)(a\, i_s^+ + a^2\, i_s^-)\} \qquad (7)$$

با ترکیب معادلات (۳) و (۷)، معادله هاي کارکرد موتور (۱) و (۲) بصورت زير ساده مي شوند :

$$v_s=1.73(R_s\, i_{sx} + X_s\, p\, i_{sx}+ X_m\, p\, i_{rx}) - (R_s\, i_{sy} + X_s\, p\, i_{sy}+X_m\, p\, i_{ry}),$$

$$0 = R'_r\, i_{rx} + X'_r\, p i_{rx} + X_m\, p\, i_{sx}+\gamma\, (X'_r\, i_{ry} + X_m\ \ i_{sy}),$$

$$0 = R'_r\, i_{ry} + X'_r\, p i_{ry} + X_m\, p\, i_{sy}-\gamma\, (X'_r\, i_{rx} + X_m\ \ i_{sx}),$$

$$0 = 1.73(R_s\, i_{sx} + X_s\, p\, i_{sx}+ X_m\, p\, i_{rx})+ (R_s\, i_{sy} + X_s\, p\, i_{sy}+X_m\, p\, i_{ry}) + 0.57((X_C/P)i_{sx}$$

$$+ (X_C/P)i_{sy}) \qquad (8)$$

که در ان $X_s= X_{ls} + X_m$, $X'_r= X'_{lr} + X_m$ است.

با جايگذاري (۳) در (٤) عبارت ساده اي براي گشتاور الکترومغناطيسي ايجاد شده حاصل مي گردد:

$$T_e=(2X_m/\omega_s)\, (i_{rx}\, i_{sy} - i_{sx}\, i_{ry}) \qquad (9)$$

و معادله گشتاور تعادل مکانيکي برابر است با :

$$J\, D(\omega_m / p)+ F\omega_m + T_L = T_e ,$$

$$p\omega_m = \{ (T_e - T_L - F\omega_m) / J \}\ \omega \qquad (10)$$

که F ضريب اصطکاك است.

متغير هاي مستقل سيستم عبارتند از : i_{ry} i_{rx} i_{sx} i_{sy} و γ . معادله هاي (۸) تا (۱۰) همگي غـير خطـي هستند (شامل حاصل ضرب متغيرها مي باشند يعني جريان با جريان يا جريان با سرعت). بايد براي تعيين عملکرد سيستم در لحظات مختلف استارت از مقادير اوليه گرفته تا محاسبات حين کار، از روش هاي عددي استفاده نمود. عمليات محاسبه با تعيين ولتاژ اعمالي بر موتور v_s صفر کردن مقادير اوليه تمام متغير ها شروع مي شود.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

۳-بهينه سازي ظرفيت خازن

با توجه به عبارت (۸) بايد با تغيير پارامتر ها و سرعت موتور، راكتانس خازني نيز تغيير كند. انتخـاب مناسب مقدار خازن نقش مهمي در كاركرد موتور دارد. براي عملكرد بتر موتور سه فاز هنگامي كه با بـرق تكفاز تغذيه مي شود، بايد ظرفيت خازن موتور به دقت انتخاب گردد. به عبارت ديگر مقدار راكتانس خـازني طوري باشد كه تاثير جريان هاي دنباله منفي بطور قابل توجهي حذف گردد يا حتي از بين برود. بـدين طريـق موارد ناخواسته اي مانند ارتعاش و نويز در سطح پاييني متوقف مي شوند. معيارهاي مختلفي براي انتخاب بينـه مقدار X_c وجود دارند، اين ضوابط عبارتند از : متعادل بودن ولتاژ سيم پيچي فاز استاتور، صفر بـودن ولتـاژ دنباله منفي و حداقل بودن ولتاژ دنباله منفي. ما اينجا از ضابطه هاي اول و دوم استفاده خواهيم كرد.

مقداري از خازن كه باعث افزايش تعادل مي شود موجب افزايش بازده نيز خواهد شد. {۷} توضـيحات بيشتر در مورد مقدار خازن مي تواند موارد مذكور را ارضا كند در مراجع {۵و۱٤} موجود است.

۳-۱-اصول كار خازن كنترل شده

مدار خازن سوويچ شده كه در شكل (۱) نشان داده شده است از دو قسمت اصلي تشكيل مي شود : يك خازن ac ثابت و يك كليد الكترونيكي. اين كليد بايد مثل نوع مكانيكي اجازه عبور جريـان را در دو جهـت بدهد. كليد با استفاده از تكنيك مدولاسيون پناي پالس (PWM) متقارن تناوبا باز و بسته مي شود كه تكنيكي ساده وداراي كاركرد اسان است.در مقايسه با انچه در مورد خازن كليدزني شده در مراجع {۱۰-۱۳} مـد نظر است صفر كردن ولتاژ دو سر خازن لازم نيست. بطوريكه وقتي كليد بسته است ولتاژ دو سر خازن صـفر مي شود، و بنابراين ديگر نيازي به كليد زني ولتاژ صفر نداريم. همچنين كليد مطرح شده در مقـالات {۱۰-۱۳} بسته است و يكبار در هر چرخه تغذيه باز مي شود. در مدار مورد بحث كليد مي تواند در هـر چرخـه ورودي چندين بار بسته و باز شود (عمل سوويچينگ). بنابراين مي توانيم از فركانس كليد زني بالا بره بـبريم. استفاده از فركانس كليد زني بالا باعث مي شود كه دوره هاي قطع خازن كليد زني شده بسيار كوتاه شـوند، بنابراين پريودهاي شارژ خازن ثابت، زماني كه خازن كليد زني شده off است، بسيار كوچك مـي شـود و در نتيجه در لحظه كليد زني اختلاف پتانسيل بين خازن ها كوچك شده و از ايجاد جرقـه در لحظـه سـوويچينگ جلوگيري خواهد شد. بنابراين در اين بخش خازن كنترل شده با واسطه خازن ثابت سري شده با يـك كليـد الكترونيكي به كار مي رود. براي ايجاد كليد دو طرفه نشان داده شده در شكل (۱) از يك كليد يـك طرفـه و يكسوساز پل ديودي استفاده شده است. روابط موجود بصورت تقريبي زير قابل بيان است:

$$Xc_{effective}=Xc_{real}\,(T/T_{on}) = Xc_{real}/D \qquad (11)$$

$$D = T_{on}/T \qquad (12)$$

$$C_{effective} = DC_{real} \qquad (13)$$

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

که در ان ها Xc_{real} راکتانس خازني واقعي، $Xc_{effective}$ راکتانس خازني مـوثر ، $T = T_{on} + T_{off}$ پريـود سوويچينگ کليد الکترونيکي و D چرخه کار (duty cycle) مي باشد. بـا در نظـر گـرفتن $X_c=1/\omega C$ و جايگذاري ان در (۱۱)، رابطه (۱۳) بدست مي ايد.

از معادله (۱۳) وقتي که کليد بسته است ($D=1.0$) $C_{effective}$ با C_{real} يکسان بدست مـي ايـد. از طرف ديگر اگر بازه زماني بسته بودن کليد کوتاه شود، C_{real} کوچکتر مي شود تا جايي که در $D=0$ بـه صفر مي رسد و با تغيير دادن بازه بسته بودن کليد به راحتي مي توان مقدار موثر خازن را بدست اورد. توسـط خازن کليد زني شده با افزايش سرعت موتور، مي توان مقدار موثر خازن را کوچکتر کرد و بر عکس. اين روش موثري براي غلبه بر مشکلاتي است که از نياز به استفاده از خازن متغير ناشي مي شوند.

سخت افزار مدار شامل سه بخش است : ژنراتور از نوع sawtooth (دندانه اره اي)، مدار مقايسه گـر، عايق بندي و مدار راه انداز. سرعت موتور توسط يك تاکومتر اندازه گيري مي شود که با شفت موتـور مـي چرخد. کليد الکترونيکي سري شده با خازن توسط يك IGBT پياده سازي مي شود. سـيگنال سـوويچينگ کليد را به راحتي مي توان با مقايسه سيگنال dc داراي دامنه متغير و سيگنال دندانه اره اي داراي دامنـه ثابـت بدست اورد. دامنه سيگنال dc را مي توانيم به عنوان تابعي از سرعت موتور در نظر بگيريم تا مقدار پريود هـاي بسته و باز بودن کليد (چرخه کار) بدست ايد. بوسيله انتخاب مناسب چرخه کار (duty cycle) مقدار مـوثر مورد نياز خازن (شکل (٤)) بدست امده و تعادل حداکثر مي شود. نيز با تنظيم سايز خازن، مي تـوان ميـدان مخالف را حذف نمود يا لااقل کم کرد که در نتيجه باعث ببود بازده، گشتاور تکه اي و ضريب توان مي شود. سيستم از هيچ کليد مکانيکي و يا گريز از مرکز که درون موتور تعبيه شود استفاده نمي کند، که اين امر احتمال خرابي کليد را از بين مي برد و هزينه ساخت و اجراي طرح را پايين اورده موجب ببود انعطاف پذيري سيسـتم مي شود.

٤- تحليل عملکرد سيستم

در اين بخش خصوصيات کارکرد سيستم تحت ملاحظاتي تخمين زده مي شود و تماما در شرايط بارداري با بار معين بحث مي شود.

٤-١- *تست ماشين*

براي تعيين انااليز مطلوب و مدل سازي موتور القايي سه فاز با تغذيه تکفاز و خازن کنترل شده الکترونيکي از ازمايش شروع مي کنيم. موتور القايي روتور سيم پيچي شده سه فاز را با مشخصات ($7,8^{A}$ و 50^{Hz} و 220^{V} و $1,8^{KW}$) که داراي اتصال ستاره براي کارکرد تکفاز است (همانند انچه در شکل (۱) مي بينـيم) در نظر بگيريد که داراي پارامترهاي نشان داده شده در جدول (۱) است {١٤و١٥}.اين موتور به طريق مکانيکي با يك ژنراتور dc کوپله شده است بطوريکه مي توانيم با تنظيم ولتاژ ميدان ان، گشتاور بار متغيري را به موتور اعمال کنيم. سرعت موتور با استفاده از تاکومتري که روي محور کوپله کننده ژنراتور و موتور نصـب شـده است، اندازه گيري مي شود.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

٤-٢- بحث ها و نتايج

بر اساس پارامترهاي ماشين كه در جدول (١) ذكر شده است، مقدار بينه راكتانس خازني كـه باعـث كاهش اغتشاش و ولتاژ دنباله منفي صفر شود در شكل (٣) نمايان است. اين شكل نشان مي دهد كه راكتـانس خازني (Xc)كوچك و اندازه خازن بزرگ براي پريود استارت و Xc بزرگ و خازن كوچك براي دوره كـار موتور، لازمه كاركرد بينه مي باشد. واضح است كه Xc بايد به طور پيوسته تنظيم شود تا در سـرعت هـاي مختلف اغتشاش حداقل و ولتاژ دنباله منفي صفر گردد. از شكل (٣) مي توان دريافت كه مقدار خازن وقتي بـه منظور حداقل كردن اغتشاش به ماكزيمم خود مي رسد، متوقف مي شود. بعد از اين نقطه عملكـرد خـازن در حداقل كردن اغتشاش سيستم با افزايش سرعت بدتر مي شود. روشن است كه مي توان مسير بينـه اي بـراي كنترل خازن و ايجاد حداكثر تعادل انتخاب نمود.

ساختن خازن قابل تنظيم مكانيكي مشكل است. خازن كليد زني شده اين سيستم مي تواند مقدار خـازن موثر را تغيير داده و روش كارامدي را ايجاد كند تا نياز به خازن متغير پيوسته را ارضا كند.

شكل (٤) تغييرات اندازه گيري شده و محاسبه شده را به طور جداگانه براي راكتانس خازني موثر در مورد خازن $^{\mu f}$ ٣٣٠ نشان مي دهد كه بر طبق اصول مطرح شده ذر اين مقاله كليد زني شده است و چرخـه كـار سوويچ الكترونيكي را داراست. براي كاربرد عملي يك خازن كوچك $^{\mu f}$ ٩,٤ با خازن كنترل شده موازي مـي شود (طبق شكل (١)) تا مسيري براي جريان فاز c موتور در طي پريود هايي كه كليد كنترل شده قطع است و نيز براي جبران مقدار بينه پيش بيني شده خازن ($^{\mu f}$٣٤٠) در شكل (٣) ايجاد كند. چرخه كار ازمايشي كه براي كليد الكترونيكي لازم است تا حداكثر تعادل را در ولتاژهاي فاز موتور در تمام سرعت هاي كاري حفظ كنـد، در شكل (٥) نشان داده شده است. اين شكل نشان مي دهد كه چرخه كار وقتي بزرگ است كه موتور نزديك حالت نايي (stand still) باشد سپس هنگامي كه موتور شروع به كار كرد كاهش مي يابد. وقـتي سـرعت موتور به سرعت سنكرون نزديك است چرخه كار تا حد صفر كم مي شود چون مقدار بينه خازن با افـزايش سرعت كاهش مي يابد.(شكل (٣))

در مقام مقايسه سه تكنيك مختلف براي تست كردن موتور بررسي شد : موتور (الف) با يك مقدار خازن ($^{\mu f}$ ٣٣٠) (ب) با دو مقدار خازن يكي براي راه اندازي ($^{\mu f}$ ٣٣٠) و ديگري براي زمان كار موتور ($^{\mu f}$ ٥٠) (پ) با خازن ($^{\mu f}$ ٣٣٠) كه بر اساس قواعد مطرح شده در اين مقاله كليد زني مي شود، راه انـدازي شـد. اكنون مي خواهيم تاثير خازن در عملكرد موتور را بررسي كنيم. پاسخ هاي حالت دائمـي و گـذراي زمـان استارت اندازه گيري و شبيه سازي مي شود كه اين همان پاسخ سرعت موتور به سه مورد مذكور اسـت و در شكل (٦) نشان داده شده است. در حالي كه شكل (٧) پاسخ سرعت موتور به همان سه مورد را نشان مـي-دهد وقتي كه موتور تحت بار ^{Nm}٣ قرار دارد. ديده مي شود كه وقتي خازن بر اساس قواعد گفته شـده در ايـن مقاله كليد زني مي شود زمان شتاب گيري در مقايسه با دو مورد ديگر كوتاه تر مي شود و كاهش زمان استارت در شرايط بارداري واضح است (شكل (٧)). سواي هماهنگي خوبي كه بين پاسخ هاي سرعت ازمايش و شـبيه سازي شده وجود دارد به طور واضح سرعت موتور در شكل هاي ٦(الف) و ٧(الف) موج دار است به اين دليل كه خازن ثابتي كه براي زمان كار طراحي شده از مقدار بينه خودش تفاوت زيادي دارد. ريپل هـايي كـه در سرعت ديده مي شود با استفاده از دو خازن ثابت و خازن كليد زني شده كمرنگ تر مي شوند. نتايج حالـت

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

دائمي (شكل هاي ٦و٧ (الف)و(ب)) حالت هاي مشابي را بدست مي دهند. به اين دليل كه مقدار خازن ثابت به خوبي انتخاب شده است و نزديك حالت بينه مي باشد.

شكل (٨) مقايسه اي را بين جريان منبع محاسبه وازمايش شده در لحظه استارت براي سه مـورد مـذكور تحت بار ٣Nm نشان مي دهد. اگرچه اين جريان طي دوره استارت تقريبا يكنواخت است هنوز جريان در حالت دائمي به ازاي يك مقدار خازن بالا و به ازاي دو مقدار خازن پايين است. همچنين وقتي خازن كليـدزني شـود جريان حالت دائمي بيشتر كاهش مي يابد. نيز دوره استارت كوتاه تر مي شود، مخصوصا در شـرايط بـارداري همانگونه كه در شكل ٨(پ) نشان داده شده است.

شكل (٩) پاسخ هاي گشتاور الكترومغناطيسي محاسبه شده را براي سه مورد مذكور تحت بار ٣Nm نمايش مي دهد. قابل ذكر است كه گرچه خازن براي حداقل كردن ضربان گشتاور طراحي و انتخاب نشده است، ولي به كار بردن دو مقدار خازن ضربان گشتاور را كاهش مي دهد و با وجود خازن كنترل شده اين ضربان باز هم كمتر مي شود.

با مقايسه بين نمودار هاي (ب) و (پ) از شكل هاي ٦-٩ مي توان فهميد كه ببود عملكـرد موتـور در استارت با استفاده از خازن كنترل شده مذكور فقط وقتي نمايان است كه نتـايج اسـتفاده از دو خازن ثابت مقايسه شوند. لازم به ياداوري است كه مقدار دو خازن ثابت مخصوصا خازن زمان كـار طـوري انتخاب مي شوند كه به مقدار بينه خود نزديك باشند تا در سرعت تعيين شده حداقل اغتشاش ايجاد شود و اگر سرعت به هر دليلي تغيير كند (مواردي مانند كنترل سرعت يا حتي ناشي از شرايط باردهي) مقدار خازن ثابـت زمان كار ديگر مناسب نخواهد بود و مقدار ديگري بايد انتخاب گردد.

اثر خازن كليد زني شده در عملكرد موتور مي تواند به سادگي با مقايسه قسمت هـاي (الـف)و(پ) در شكل ٦-٩ در حالت دائمي مشاهده گردد چون خازن ثابت زمان كار از مقدار بينه خود فاصله مي گيرد.

با توجه به نتايج بدست امده مي توان استنباط كرد كه در صورت تنظيم پيوسته اندازه خـازن كـاركرد حالت دائمي و گذراي بسيار خوبي براي موتور سه فاز القايي با تغذيه تكفاز قابل دستيابي است.

٥- نتيجه گيري

در اين مقاله طراحي و اجراي خازن كنترل شده براي موتور سه فاز القايي با تغذيه تكفاز با استفاده از يك خازن ثابت سري شده با كليد الكترونيكي بررسي شد. سيستم مطلوب از هيچ كليد مكانيكي يا گريز از مركـز كه در داخل موتور تعبيه شود استفاده نمي كند. اين امر احتمال خرابي كليد را از بين مي برد و هزينه سـاخت و توليد را پايين اورده موجب ببود انعطاف پذيري سيستم مي شود. مقدار خازن بينه و موثر را مي توان در حـين نصب سيستم، بسته به هر سرعت موتور تنظيم نمود. كه اين امر با تغيير دادن تناوبي چرخه كار كليد كنترل شده امكان پذير است تا جايي كه در ولتاژ هاي فاز حداقل اغتشاش موجود باشد و يا روش هاي بينه سازي ديگري كه عملكرد موتور را در سرعت هاي مختلف ببود ببخشد. نتايج حاصله از ازمايش نتايج تحليلي را تائيد مي كند و تناسب خوبي بين نتايج ازمايش و شبيه سازي وجود دارد. نتايج موجود در اين مقاله پله اي در طراحي تكنيك هاي خازن كنترل شده جلو مي رود.

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ضميمه ها

فهرست :

جدول ۱- پارامتر هاي موتور القايي
شكل ۱- اتصال استاتور موتور القايي سه فاز در كاركرد تكفاز با خازن كنترل شده الكترونيكي
شكل ۲ – مدار معادل عملي دنباله مثبت
شكل ۳- منحني استارت بينه راكتانس خازني بصورت تابعي از سرعت موتور
شكل ٤- راكتانس خازني موثر خازن كنترل شده ۳۳۰ ميكرو فاراد
شكل ٥- ديوتي سايكل بصورت تابعي از سرعت موتور
شكل ٦- پاسخ زماني سرعت ازمايشي و شبيه سازي شده در بي باري
شكل ۷-* پاسخ زماني سرعت ازمايشي و شبيه سازي شده تحت بار ۳ نيوتن متر
شكل ۸-* جريان استاتور ازمايشي و شبيه سازي شده تحت بار ۳ نيوتن متر
شكل ۹-* گشتاور الكترومغناطيسي شبيه سازي شده تحت بار ۳ نيوتن متر
*- (الف) يك خازن (ب) دو خازن (پ) خازن كنترل شده

مراجع

www.IrPDF.com www.IrPDF.com www.IrPDF.com