



دانشگاه زنجان

دانشکده برق دانشگاه زنجان

پایان نامه کارشناسی

مهندسی برق

گرایش کنترل

عنوان:

روش های شناسایی و تشخیص خطا در اینورترهای 3 فاز

استاد راهنما:

دکتر مهرداد بابازاده

نگارش:

سیده مهیا موسوی

مهر 95

چکیده :

مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب یا اینورتر (Inverter) به المان‌هایی اطلاق می‌شود که جریان مستقیم را به جریان متناوب تبدیل می‌کند. فرکانس و سطح ولتاژی تولیدی توسط این قطعه الکترونیکی می‌تواند توسط تقویت کننده‌ها به سطح ولتاژ و فرکانس دلخواه تبدیل گردد. موج تولیدی توسط اینورترها یک موج مربعی است که می‌توان با استفاده از فیلترهای مخصوص آن را به موج سینوسی تبدیل کرد. عملی که این مبدل‌ها انجام می‌دهند معکوس عملی است که یکسو کننده‌ها انجام می‌دهند. امروزه در صنعت، الکترونیک قدرت، که مبتنی بر پایه اینورتر است، بخش عمده‌ای را به خود اختصاص داده است. ادوات الکترونیک قدرت عموماً گران قیمت هستند و صاحبان صنایع هزینه‌های زیادی را در قبال خرابی این تجهیزات می‌پردازند. در نتیجه نگهداری و مانیتورینگ و تعمیرات آنها در صورت خرابی بسیار پراهمیت و دارای صرفه اقتصادی است. در روند تعمیرات این ادوات تشخیص و شناسایی خطا رخ داده شده در سیستم بسیار پراهمیت است زیرا اگر شناسایی خطا به طرز صحیح صورت گیرد، علاوه بر صرفه اقتصادی مانع از هدر رفتن زمان و توقف تولیدی کارخانجات و صنایع می‌شود.

چهار چوب شناسایی و تشخیص خطا بر مبنای شناخت سیستم پایه گذاری شده است. مهم ترین چیزی که در کشف و تشخیص خطای سوئیچ های مختلف و ردیابی خطا های چندگانه به ما کمک می کند مطالعه و بررسی ساختمان داخلی اینورترهای 3 فاز است. از نظر سخت افزاری اینورترها پیوند سستی دارند و در معرض خطا های مختلفی می باشند در این پروژه راجع به شناسایی و تشخیص خطا ها و طبقه بندی خطای سوئیچ ها بحث شده است.

در ادامه طبق مقادیر و پارامترهای مطلوب اینورتر سالم شبیه سازی شده است و همچنین تمام خطا هایی که امکان رخ دادن آنها در مدار اینورتر وجود دارد مانند اتصال باز تک تک سوئیچ ها، اتصال کوتاه سوئیچ ها و نیز بر مدار شبیه سازی شده اعمال شده و سیگنال خروجی استخراج شده است. سپس با استفاده از بدست آوردن طیف فرکانسی سیگنال های خروجی اینورتر سالم و دارای خطا و مقایسه ی آنها با یکدیگر نوع خطای رخ داده شده در سیستم بررسی شده است.

مقدمه.....7

فصل اول: بررسی اینورتر.....8

1-1) کاربرد اینورترها در صنعت.....10

2-1) اصول کار اینورترهای 3 فاز.....10

3-1) اینورترها با مد هدایت 180 درجه.....11

4-1) اینورترها با مد هدایت 120 درجه.....12

5-1) نحوه شبیه سازی اینورتر 3 فاز با مد هدایت 180 درجه.....13

6-1) نحوه شبیه سازی اینورتر 3 فاز با مد هدایت 120 درجه.....17

فصل دوم: بررسی انواع خطاهای اینورتر 3 فاز.....21

1-2) خطای اتصال کوتاه شدن لینک DC به زمین و زمین شدن تکفاز در ترمینال خروجی.....23

2-2) مدار باز شدن یکی از IGBT ها (F2).....24

3-2) فرمان ندادن پالس ژنراتور به IGBT.....25

4-2) اتصال کوتاه شدن یکی از IGBT ها (F3).....27

5-2) اتصال کوتاه شدن منبع DC (F4).....28

فصل سوم: روش های شناسایی و تشخیص خطا در اینورتر 3 فاز.....29

1-3) شناسایی خطا با استفاده از منطق فازی و تبدیل موجک.....31

2-3) رویه تشخیص خطا.....32

1-2-3) تشخیص خطا به وسیله مشاهده تغییرات جریان استاتور.....33

2-2-3) استخراج صورت (feature extraction).....35

3-2-3) تعیین خطا.....35

3-3) بررسی نحوه تغییرات فرکانسی در حین بروز خطا در سیستم.....40

4-3) روش مجموع درایه های بردار حاصل از تفاضل سیگنال خروجی اینورتر معیوب و سالم.....41

نتیجه گیری.....47

فهرست منابع.....48

مقدمه:

فرآیند اتوماسیون در صنعت، یک سیستم الکترومکانیکی است. بطوری که در بخش های مختلف سیستم اتوماسیون، مولفه ی مرکزی یک درایو الکتریکی می باشد. در سیستم های اتوماسیون معمولاً ایجاد وقفه به طور دستی و برنامه ریزی شده، هزینه بسیار زیادی به سیستم اعمال می کند و وقتی وقفه ای به طور برنامه ریزی نشده و ناگهانی به سیستم اعمال شود هزینه هنگفتی به اتوماسیون تحمیل می شود. وقفه یا ایست ناگهانی در درایو های الکترونیکی اغلب کل سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد و منجر به عملکرد سوء در کل سیستم می شود. بنابراین مانیتورینگ و بازرسی مداوم این سیستم ها منجر به عملکرد اقتصادی و سودمندی بالا تر و همچنین کم شدن وقفه و خرابی در سیستم می شود. مانیتورینگ و بازرسی و تشخیص خطای سیستم، به اندازه جلوگیری و پیشگیری از بروز خطا در عملکرد سیستم اتوماسیون تاثیر گذار است.

اطلاعات و دانش دقیق درباره ی رفتار خطا های سیستم سهم مهمی در ساختن سیستم های تشخیص و شناسایی خطا دارد.

معمولاً تغذیه توان AC از منبع DC توسط اینورترها صورت می گیرد (مانند پنل خورشیدی یا باتری ها). اینورترهای الکتریکی اسیلاتورهای الکتریکی توان بالا هستند. علت نامگذاری این است که قبلاً برای تبدیل کردن ولتاژ DC به AC از مبدل های AC به DC به صورت معکوس استفاده می شد. اینورتر عمل مخالف مدار یکسوساز را انجام می دهد. در یک مدار اینورتر ساده، منبع DC از طریق سر وسط سیم پیچ ورودی به یک ترانسفورمر متصل می شود. یک کلید به سرعت بین سیم پیچ های بالا و پایین سوئیچ می شود تا جریان منبع DC به صورت متناوب از طریق یک سر سیم پیچ اولیه و سپس از دیگری جاری شود. تناوب جریان در سیم پیچ اولیه ترانسفورمر در سیم پیچ ثانویه جریان متناوب (AC) تولید می کند. نوع الکترومکانیکی تجهیزات سوئیچینگ شامل دو اتصال ثابت و یک اتصال متحرک با نگهدارنده فتری است. فتر اتصال متحرک را خلاف جهت یکی از اتصالات ثابت نگه می دارد و یک آهنربای مغناطیسی اتصال متحرک را به سمت اتصال ثابت مخالف می کشد. جریان آهنربای مغناطیسی با عمل سوئیچ قطع می شود. به طوری که کلید دائماً و به سرعت بین سیم پیچ های بالا و پایین سوئیچ می شود و بدین صورت ولتاژ و جریان DC تبدیل به ولتاژ و جریان AC می شود.

بروز خطا در هر یک از المان های استفاده شده در مدار اینورتر روی خروجی تاثیر سو داشته و مانع از حصول خروجی مطلوب می گردد. در نتیجه بررسی انواع خطاهای رخ داده در سیستم می تواند به تشخیص و شناسایی خطا در سیستم کمک کند. در ادامه به بررسی و تحلیل انواع خطاهای ممکن بر روی اینورترهای 3 فاز میپردازیم.

پایان نامه کارشناسی

فصل اول

بررسی اینورتر

وسیله ای که منبع DC را به منبع AC با ولتاژ متناوب و متقارن با دامنه و فرکانس مطلوب تبدیل می کند اینورتر نام دارد. اینورترها به طور گسترده به دو دسته تقسیم می شوند:

- 1) اینورتر منبع ولتاژ (voltage source inverter)
- 2) اینورتر منبع جریان (current source inverter)

البته می توان آنها را در دسته بندی های مختلف دیگری نیز جای داد. از جمله اینکه تکفاز یا سه فاز باشند و یا بسته به نوع ترانزیستوری که در مدار آنها به کار رفته و غیره.

با توجه به تعریف اینورتر در هر دو حالت در ورودی اینورتر منبع تغذیه DC داریم. در ترمینال ورودی یک اینورتر منبع ولتاژ، یک منبع تغذیه مستقیم DC وجود دارد و اینورتر منبع جریان هم از منبع تغذیه DC تغذیه می شود. این ولتاژ DC به مدار یک اینورتر اعمال شده و با استفاده از آن به یک ولتاژ یا جریان AC تبدیل می شود. ولتاژ خروجی می تواند در فرکانس ثابت یا متغیر، مقدار ثابت یا متغیر داشته باشد. ولتاژ خروجی را میتوان با تغییر مستقیم ورودی و ثابت نگه داشتن بهره اینورتر به دست آورد. از طرفی، اگر ولتاژ DC ورودی ثابت بوده و قابل کنترل نباشد، میتوان با تغییر بهره اینورتر یک ولتاژ متغیر را در خروجی بدست آورد. که این عمل معمولاً به وسیله کنترل مولاسیون پهنای باند (PWM) در داخل اینورتر صورت می گیرد. بهره اینورتر را میتوان برابر با نسبت ولتاژ متناوب خروجی به ولتاژ مستقیم ورودی تعریف کرد.

شکل موجهای خروجی در اینورترهای ایده آل باید سینوسی باشد، با این حال در اینورترهای عملی این شکل موجها غیر سینوسی بوده و دارای یک سری هارمونیک های مشخص می باشد. در کاربرد های توان متوسط و توان پایین، ولتاژ های مربعی و یا تقریباً مربعی ممکن است قابل قبول باشد ولی در کاربردهای توان بالا، به موجهای سینوسی با اعوجاج بسیار کم نیاز است. با در اختیار داشتن قطعات نیمه هادی و کلیدهای قدرت سریع، میتوان با استفاده از روش های کلیدزنی، هارمونیک های ولتاژ خروجی را به نحو چشمگیری کاهش داد.

در اینورترها بسته به نوع کاربردشان میتوان از عناصر قابل کنترل (مثل BJT ها، MOSFET ها، IGBT ها، MCT ها، SIT ها، GTO ها) و یا تریستورهایی با کموتاسیون اجباری استفاده کرد.

اینورترهای منبع ولتاژ (VIS)، شامل ترانزیستورهای مختلف مثل BJT، MOSFET، IGBT، SIT می باشند. خاموش و روشن کردن این ترانزیستورها توسط کنترل جریان گیت آنها صورت می گیرد. خاموش کردن این قطعات با استفاده از جریان گیت یا بیس آنها کموتاسیون خود به خود نامیده میشود. در نتیجه اینورترهایی که در آنها از BJT یا GTO یا IGBTها استفاده شده است نیازی به مدار کموتاسیون اجباری برای خاموش کردن ترانزیستورها ندارند. این امر منجر به کاهش پیچیدگی و هزینه مدار می شود و همچنین ضریب اطمینان عملکرد سیستم را افزایش می دهد.

اینورتر 3 فاز برای درست کردن ولتاژ AC با فرکانس متغیر کاربرد های صنعتی زیادی دارد. ورودی اینورتر از یک منبع تغذیه DC گرفته می شود و مدار آن از 6 ترانزیستور قابل کنترل تشکیل شده است.

1-1) کاربرد اینورترها در صنعت:

اینورترها به طور گسترده ای در صنعت به کار می روند (مثل گرداننده موتورهای AC با دور متغیر ،

گرم کنندگی القایی ، منابع تغذیه کمکی و منابع تغذیه بدون وقفه و...) .

ورودی اینورتر ممکن است یک باتری، سلول ذغالی، سلول خورشیدی و یا هر منبع DC دیگری باشد.

خروجی اینورتر های سه فاز توان بالا معمولاً عبارتند از :

(1) 220 / 380 ولت در فرکانس 50 هرتز

(2) 120 / 208 ولت در فرکانس 60 هرتز

(3) 115 / 200 ولت در فرکانس 400 هرتز

1-2) اصول کار اینورترهای 3 فاز:

اینورترهای 3 فاز معمولاً در کاربردهای توان بالا بکار می روند. سه اینورتر تکفاز نیمه پل و یا تمام

پل را میتوان به طور موازی به هم متصل کرد تا یک اینورتر سه فاز تشکیل شود. برای بدست آوردن

ولتاژهای 3 فاز بالانس (اصلی)، می بایست سیگنالهای آنتش اینورترهای تکفاز را نسبت به هم 120

درجه تاخیر داده و یا جلو انداخت. سیم پیچ های اولیه ترانسفورماتورها باید از هم ایزوله باشند ولی

سیم پیچ های ثانویه را میتوان به صورت مثلث و یا ستاره متصل کرد. معمولاً برای حذف هارمونیک

های مضرب 3 ($n=3,6,9,\dots$) که در ولتاژ خروجی ظاهر می شوند ، ثانویه ترانسفورماتور را به

صورت Y متصل می کنند. آرایش مداری در شکل 1 نشان داده شده است. در این آرایش به 3

ترانسفورماتور تکفاز، 6 تریستور و 6 دیود مورد نیاز می باشد. اگر دامنه و فاز ولتاژهای خروجی

کاملاً بالانس نباشد ولتاژ خروجی 3 فاز هم بالانس نخواهد بود.

خروجی 3 فاز را میتوان با ترکیب شش ترانزیستور و شش دیود همانند شکل 1-1 بدست آورد :

مبنای کار اینورترها تغییر هدایت جریان از یک سویچ کنترل شده به دیگری است. برای مثال در

یک اینورتر با 6 سویچ هدایت کنندگی ، در پریود 360 درجه هر کدام از سویچ ها 60 درجه هدایت

کنندگی دارند. این امر اشاره بر این دارد که هر سویچ کنترل شونده ، یک پالس کنترلی را در زاویه

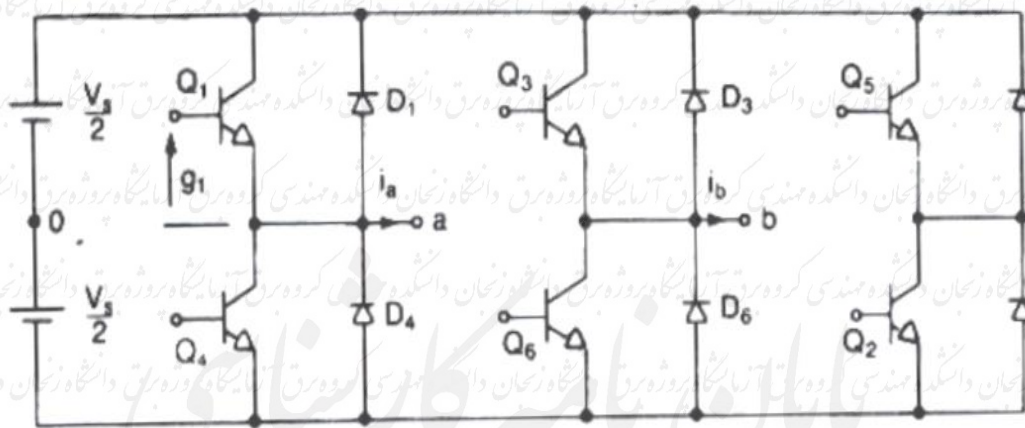
هایی مناسب با فاصله 60 درجه دریافت می کند. در نتیجه یک ولتاژ 3 فاز AC در ترمینال خروجی

اینورتر ایجاد می شود. دو روش برای اعمال پالس کنترلی به سویچ های اینورتر وجود دارد. در یک

روش هر سویچ برای 180 درجه هدایت کنندگی دارد و در روش دیگر هر سویچ برای 120 درجه

هدایت کنندگی دارد. در هر دو مورد پالس کنترلی در فواصل 60 درجه اعمال میشود و این حالت ها

به 6 سویچ کنترل شده نیاز منندند. [8]



(شکل 1-1) مدار داخلی یک اینورتر 3 فاز

دو روش برای اعمال پالس کنترلی به سویچ های اینورتر وجود دارد. در یک روش هر سویچ برای 180 درجه هدایت کنندگی دارد و در روش دیگر هر سویچ برای 120 درجه هدایت کنندگی دارد. در هر دو مورد پالس کنترلی در فواصل 60 درجه اعمال میشود و این حالت ها به 6 سویچ کنترل شده نیازمندند. [8]

3-1) اینورترها با مد هدایت 180 درجه :

در این حالت هر ترانزیستور برای 180 درجه هدایت کنندگی دارد. در هر لحظه سه ترانزیستور روشن می باشد. هنگامی که Q1 روشن می شود ، ترمینال a به سر مثبت ولتاژ DC و رودی متصل می گردد. وقتی که ترانزیستور Q4 روشن می شود ، ترمینال a به سر منفی منبع DC متصل می گردد. در هر سیکل شش حالت کاری وجود دارد و زمان هر حالت 60 درجه است. ترانزیستورها به ترتیب روشن شدنشان شماره گذاری شده اند. (برای مثال 123 ، 234 ، 345 ، 456 ، 561 ، 612) سیگنالهای آتش (سیگنالهای تولیدی به وسیله پالس ژنراتور) برای بدست آوردن ولتاژ 3 فاز بالانس نسبت به یکدیگر 60 درجه جابجا شده اند.

بار ممکن است به صورت ستاره یا مثلث وصل شده باشد. برای باری که به صورت مثلث وصل شده بار ممکن است به صورت ستاره یا مثلث وصل شده باشد. جریانهای فاز را میتوان مستقیماً از ولتاژهای خط به خط بدست آورد. با مشخص شدن جریانهای فاز ، میتوان جریانهای خط را تعیین کرد. اگر بار به صورت ستاره وصل شده باشد ، برای پیدا کردن جریان های خط (یا فاز) باید ولتاژ های خط به صفر را بدست آورد . در یک نیم سیکل سه حالت کاری وجود دارد.

اگر بارها مقاومتی باشد دیود های دو سر ترانزیستورها کاری انجام نمی دهند. اگر بار سلفی باشد جریان در هر بازوی اینورتر نسبت به ولتاژ تاخیر پیدا می کند. هنگامی که ترانزیستور Q4 در شکل 2 خاموش است، تنها مسیر، برای عبور جریان منفی خط ia از طریق دیود D1 است. بنابراین ترمینال a بار تا وقتی که جریان بار در لحظه $t=t_1$ قطبیت خود را تغییر می دهد. از طریق D1 به منبع DC وصل می باشد. در طول دوره $0 < t < t_1$ ، ترانزیستور Q1 هدایت نمی کند. بطور مشابه ترانزیستور Q4 تنها در لحظه $t=t_2$ شروع به هدایت می کند. از آنجا که مدت هدایت ترانزیستورها و دیود ها به ضریب توان بار بستگی دارد ترانزیستورها را باید بطور مداوم آتش کرد.

$$v_{an} = v_{ab} / \sqrt{3}$$

برای بار با اتصال ستاره ولتاژ فاز برابر با یک تاخیر 30 درجه است.

جریان خط ia

برای یک بار RL برابر خواهد بود با:

$$i_a = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \left[\frac{4V_s}{\sqrt{3}n\pi \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \cos \cdot \frac{n\pi}{6} \right] \text{Sin}(n\omega t - \theta_n)$$

که در آن داریم:

$$\theta_n = \tan^{-1}(n\omega L / R)$$

4-1) اینورترها با مد هدایت 120 درجه:

در این مد هر ترانزیستور 120 درجه هدایت می کند. در هر لحظه فقط دو ترانزیستور روشن هستند. به ترتیب هدایت ترانزیستورها 61، 12، 23، 34، 45، 56، 61 است.

ولتاژ خط a به b برابر $v_{ab} = \sqrt{3}v_{an}$ با 30 درجه تقدم فاز است. بین خاموش شدن Q1 تا روشن شدن

Q4، $\pi/6$ تاخیر وجود دارد. بنابراین منبع DC از طریق ترانزیستور بالایی و پایینی اتصال کوتاه نمی

شود. در هر لحظه دو ترمینال بار به منبع DC وصل بوده و ترمینال سوم باز می باشد. پتانسیل این

ترمینال باز به مشخصات بار بستگی دارد و غیر قابل پیش بینی است. از آنجا که هر ترانزیستور برای

120 درجه هدایت می کند تحت شرایط یکسان بار ترانزیستورها نسبت به هدایت 180 درجه مدت

کمتری بکار گرفته می شوند.

فهرست منابع:

A. C. Renfrew and J. X. Tian, "Fault Diagnosis in Power Electric Converter", [1]
Proceeding of Universities Power Engineering Conference, 565-568, 1998

I. B. Aris, L. Zhang and L. N. Hulley, "Fault Ditection of an Inverter Circuit by [2]
Digital Signal Processing and Knowledge Based Approach", proceeding of
Universities Power Engineering Conference, 489-491, 1994

D. kasta and B.K. Bose, "Investigation of Fault Modes of Voltage-Fed [3]
Inverter System for Induction Motor Drive", IEEE Transactions on Industry
Applications,30, 1028-1037 , 1994

A. M. S. Mendes A. J. M. Cardodo and E. S. Saravia, "Voltage Source inverter [4]
Fault Diagnosis in Variable Speed ac Drives, by Park's Vector Approach",
proceeding of 7.International Conference on Power Electronics and Variable
Speed Drives,538-543, 1998

M. S. Khanniche and M. R. Mamat-Ibrahim, "Fault Detection and Diagnosis [5]
of 3-phase inverter system", University of Wales, Swansea, United Kingdom,
2001

R. B. Dhumale, S. D. Lokhande, N. D. Thomabare, M. P. Ghatule, "Fault [6]
Detection and Diagnosis Of High Speed Switching Devices In Power Inverter",
IJRET

Roby Polikar, "The Discrete wavelet Tutorial, Part IV , and Multiresolutio [7]
Analysis: The Discrete wavelet transform"

[8] الکترونیک صنعتی نوشته محمد ه . رشید (محمد رضا موسوی تقی آبادی ، حمید رضایی نیا ،
خلیل باغانی ، مسعود هوشمند)

Yugal Kishor ; Chitra Thakur, "Analysis and Simulation Three-Phase Inverter"[9]