

ТРЕТА НАЦИОНАЛНА НАУЧНО-ПРИЛОЖНА КОНФЕРЕНЦИЯ
ЕЛЕКТРОННА ТЕХНИКА ЕТ-94

ТЕОРЕТИКО - ВЕРОЯТНОСТЕЕН ПОДХОД ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ
НА СИЛОВИ ПОЛУПРОВОДНИКОВИ ПРЕОБРАЗУВАТЕЛИ
В ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ПОДВИЖЕН ЖП СЪСТАВ

гл.ас. Антонио Андонов, гл.ас.ктн. Ивайло Топалов
ВВТУ "Т.Каблешков" - София

гл.ас.ктн. Анна Андона
ТУ - София

Широкото използване на силови полупроводникови преобразуватели на електрическа енергия в подвижния жп състав налага непрекъснатото развитие на методите за техния въвеждане, оптимизация и прогнозиране на надежността им. Усложняването на топологията на силовите ел.вериги и режимите на работа на полупроводниковите преобразуватели, използвани в подвижния жп състав, води до нарастване на изискванията за точност и обоснованост на проектирането.

Една от важните задачи на настоящия етап на развитие на техническото проектиране и на реализацията на преобразувателите на енергия, с които се сблъскава проектантът, е определянето на параметрите в установен режим при различни входни въздействия. Това винаги води до решаването на системи от нелинейни диференциални уравнения. Пакетите от приложни програми за анализ и оптимизация на разглежданите устройства, необходими за автоматизацията на процеса на тяхното схемотехническо проектиране, в повечето случаи са основани на традиционните методи на численото интегриране на нелинейни диференциални уравнения във временната област. На тези методи са свойствени определени недостатъци, обусловени в голямата зависимостта на времето в пресмятането от порядък на стъпка за стъпка от входните въздействия и от мята това на расположение на парциалните на елементите на системата.

От посочените недостатъци в първата степен са

освободени спекулативни методи на търговията. Но също така се и под валутата успешно при трошарене със рисковите фактори, даващи възможност за получаване на решение в инвестиционен вид. На тях е посветен голям брой публикации. Същевременно в техническата литература липсва систематично описание на ефективни алгоритми и спекулативни методи на полупроводниковите преобразуватели с неизменна степен на надеждност. Особено това трябва да се отбележи, че унитарното им състояние и външността им на електрическите полупроводникови преобразуватели, както и нарастващото на тяхната отговорност за безаварийно захранване с енергия на подвижния жп състав, поставя изискването за висока надеждност на тези системи.

Обикновено полупроводниковите преобразуватели са функционален комплекс, състаящ се от: силови полупроводникови елементи, формиратели на импулси, трансформатори и съгласуващи устройства, параметрите на които са случаи величини, отличаващи се посочен начин от каталожните данни, където се посочват номиналните и пределните им стойности. Слушаващите въздействия в изправителните системи също имат случаен характер, обусловен например от нестационарността на режимите на натоварване, от непредвидени изменения на напреженията на захранване и др. Затова детерминираните методи за проектиране на полупроводникови преобразуватели по каталожните данни на комплектовящите ги елементи дават само условно номиналната характеристика на даден режим, докато вероятността да се комплектоващата система с елементи, отговарящи точно на каталожните параметри е сравнително малка. Отклонението на практическата изходна характеристика на системата от проектираната може да доведе до наруширане на нормалното функциониране и до евентуален отказ на системата. Ето защо преобразуватели, към които се предявяват повишени изисквания към основните им показатели, каквито са и предназначените за подвижния жп състав, трябва да бъдат проектирани с използване на теоретико-вероятностни методи. В такъв случай нормалното им функциониране ще може да се гарантира в продължение на целия срок на тяхната служба с предварително определена степен на вероятност.

Основните причини за възникване на аварийни режими на преобразувателите са отказ на силов полупроводников прибор

за негова безотказна работа за определен период от време.

Теоретико-вероятностните методи биха позволили при анализа на ел.магнитните процеси да се отчетат възможните случаини отклонения на параметрите на элементите на системата и възникващите вследствие на това изменения на режимите на функциониране. Използването на методите на теорията на вероятностите позволява получаването на по-общ резултат при решаването на някои задачи, разглеждани до сега в детерминирана постановка, например задачите за изследване на електромагнитните процеси в нелинейни вериги. Използването на априксимиращи методи за анализ на вериги с вентилни преобразуватели предполага по части линейна апроксимация на характеристиките на нелинейните елементи на веригата и интегриране на линейни диференциални уравнения за линийния участък [3,4]. Решението на всеки линеаризиран участък съдържа определен брой постоянни на интегрирането, които посредством "припасване" определят стойностите на токовете и напреженията на границите на общи участъци на базата на законите за комутация, т.е. условията в непрекъснатост на токовете в индуктивностите и напрежението на капацитетите в момента на прехода (комутацията) на процеса от един участък в друг. Самите моменти на прехода подлежат на определяне, доколкото те зависят от напреженията и токовете на веригата. Те се намират въз основа на условието за равенство на стойностите на токовете и напреженията на нелинейният елемент със стойностите, съответстващи на точките на прекупуване на линеаризираната характеристика. При детерминирания подход се приравняват стойностите на търсената функция z (ток или напрежение) отляво и отдясно на момента t_1 на границата на участъците

$$z(t_{1-0}) = z(t_{1+0}).$$

Поради наличието на случаини въздействия стойностите на реалната функция съответно са:

$$z(t_{1-0}) = z_1 + \Delta z_1; z(t_{1+0}) = z_2 + \Delta z_2.$$

Следователно, появява се необходимостта от определяне на вероятността на свързване на стойностите на $z(t)$ отляво и отдясно на момента t_1 . Нека да приемем, че са известни пътностите на разпределение на z отляво и отдясно на момента t_1 и да ги означим съответно с $f_1(z)$ и $f_2(z)$ (фиг.1). Тогава функцията на разпределение на вероятностите z на границите на

/пробив/ или отка /иза вертикална/ и управляване. Едни основните параметри, които характеризират режима на работата на силовите полупроводникови прибори спадат: правото и обратното напрежение, времето на превключване, товарният ток и скоростта на неговото нарастване, скоростта на нарастване на правото напрежение, температурата на структурата и стойността на щитния фактор $\frac{dU}{dt}$. Температурата на структурата зависи от товарния режим и температурата на обкръжаващата среда. Тя, както и характеристиките на изверигата са управляние до голяма степен определя работоспособността на полупроводниковия елемент.

В тиристорните преобразуватели се възнат специални мерки, ограничаващи такива основни параметри, като скоростта на нарастване на тока на прибора и стойността на величината $\frac{dU}{dt}$. Тогава параметрите, определящи нормалната работа на преобразователя са стойностите на напрежението в права посока U_a , токът I_a , скоростта на нарастване на напрежението dU/dt и времето на изключване $t_{изк}$. Известните от литературните източници [1,2] изследвания за връзката между посочените параметри са направени, без да се отчита влиянието на температурата върху структурата на вентиля. От гледна точка на използването на вентилите елементи в преобразователите на енергия е от особено значение да се установи връзката между U_a и I_a и между $t_{изк}$ и I_a като и на температурата на нагряване на структурата. За това има пример с достатъчно с помощта на методите на теорията на вероятностите да се установи зависимостта на напрежението на превключване на тиристора:

$$U_{pr} = f_1(I_a, \frac{dU}{dt}) \text{ и } t_{изк} = f_2(I_a, U_a)$$

Зависимостта $U_{pr} = f(U_a, I_a)$ се обуславя от обстоятелството, че загубите на мощност в структурата и нейната температура са свързани с протичането на ток през нея. Зависимостта $t_{изк} = f(I_a)$ характеризира не само влиянието на тиристорния ток пред момента на неговото изключване върху стойността на времето за изключване, но преди всичко влиянието му върху температурата на структурата, от която също зависи времето на изключване на тиристора. Ако тези зависимости и външната характеристика на преобразователя са известни, може да се изчисли режимът му на работа и граничните стойности на параметрите на неговия силов полупроводников прибор. Това би позволило преобразувателя да се проектира като се изхожда от зададена стойност на вероятността

участъка е:

$$P(z) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(z) \cdot f_2(z) dz.$$

Ако предположим, че плътностите на разпределение $f_1(z)$ и $f_2(z)$ са с гаусови параметри \bar{z}_1, σ_1^2 и \bar{z}_2, σ_2^2 , то вероятността за свързване на стойностите на z може да бъде представена чрез гаусова функция на разпределението с параметри $z_c = z_1 - z_2$ и $\sigma_c^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$. Ако се използва функцията на Лаплас /или Г.Н. интеграл на вероятностите/, е възможно с вероятност, достатъчно близкадо единица, да оценим възможното разсейване на стойностите на параметъра z спрямо двете страни на момента t_1 .

По-такъв начин използването на теоретико-вероятностния подход и на спектралните методи за анализ на случайните процеси, протичащи в преобразувателните устройства, позволява да се получи по-дълбока представа за техните действителни режими на работа и следователно по обосновано да се извърши не само изборът на параметрите на тези устройства, но и техната ефикасна реализация. Следователно, използването на този подход дава да се осигури със зададена степен на вероятност коравото функциониране на системата, т.е. да се решават въпроси, свързани с надежността, прогнозирането на режимите и подобряването на работните показатели на преобразувателните устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Челков, В.Е. Физические основы работы силовых полупроводниковых приборов. М., Энергия, 1973.
2. Управляемые полупроводниковые вентили. Под ред. Д.Дженри, М., Мир, 1965.
3. Kubík, S., Kotek, M. Teorie regulace. SNTL/ALFA, Praha, 1994.

