

EFFECTS OF NON-SMOOTH PHENOMENA ON THE DYNAMICS OF DC-DC CONVERTERS

Dmitry Pikulin (Riga Technical University),

This paper shows the possibilities of applicability of novel approach for the global nonlinear analysis of dynamical systems, based on numerical path-following, to the widely used electronic circuits – switch-mode DC-DC converters.

It has been proved, that the profound analysis of nonlinear phenomena in power electronics is profitable, as studying bifurcations and chaos can help engineers to understand the change of behaviour in switching DC-DC converters when some parameters are varied. Nowadays the main tools for the investigation of the nonlinear dynamics of DC-DC, as one or more parameters are changed, are so called brute-force bifurcation diagrams. These diagrams give incomplete information about the possible types of nonlinear phenomena in the system, being not able to capture unstable periodic orbits as well as narrow stable regions (rare attractors). In order to overcome the mentioned drawbacks it is proposed to use the numerical path-following technique and appropriate data processing methods.

Main results are illustrated on the current controlled boost converter, for which the complete one-parametric bifurcation diagrams are constructed and the possible interaction of period-doubling bifurcations and non-smooth border-collision phenomena are shown. The discrete time model is used, as this model enables one to avoid numerical computation of the phase space orbit from the continuous time model.

The numerical results are verified by means of SIMULINK PowerSys Blockset model. The data verification allows concluding, that the results obtained on the basis of numerical path – following technique are very precise and the addition of real element nonidealities does not affect the global dynamics of the converter, causing just insignificant shifts of bifurcation points.

Thus it has been proved that the complete bifurcational analysis could be efficiently applied to investigation of the dynamics of switching DC-DC converters in order to obtain information about the domains of existence and stability of desired period-1 operation as well as the appearance of smooth and various types of non-smooth bifurcations in this kind of circuits.

NELINEĀRU PARĀDĪBU IETEKME UZ DC-DC PĀRVEIDOTĀJU DINAMIKU

Dmitrijs Pikulins

Dotajā rakstā tiek apskatītas jaunas dinamisko sistēmu nelineāras uzvedības pētīšanas pieejas izmantošanas iespējas plaši pielietojamo impulsu sprieguma pārveidotāju dinamikas analīzei.

Pēdējās dekādēs tika pierādīta nepieciešamība veikt nelineāro parādību kvalitatīvo analīzi impulsu sprieguma pārveidotājos, kas ļauj, balstoties uz haosa un bifurkāciju teoriju, izpētīt šo ierīču dinamiku izmainoties vienam vai vairākiem shēmas parametriem. Galvenie nelineārās dinamikas pētīšanas instrumenti pie mainīgiem shēmas parametriem ir bifurkāciju diagrammas, kuras neļauj attēlot nestabilas periodiskas orbītas, kā arī stabilos apgabalus šaurā parametru diapazonā (retos atraktorus). Ņemot vērā iepriekšminēto metožu trūkumus, tiek piedāvāts izmantot jaunu metodiku, kura ir balstīta uz skaitlisku parametra turpinājuma metodi un atbilstošu iegūto datu apstrādi.

Galvenie pētījuma rezultāti tiek attēloti, izmantojot paaugstināto DC-DC pārveidotāju ar strāvas vadību. Norādītajam pārveidotājam tika sastādītas pilnas vienparametriskās bifurkācijas diagrammas un pētīta dubultota perioda bifurkāciju un negludo funkciju robežpunktu mijiedarbība. Darbā tika izmantots pārveidotāja diskreta laika bāzes modelis, kas ļauj izvairīties no apjomīgiem trajektoriju rēķiniem fāzes telpā.

Skaitliskās modelēšanas rezultāti tika apobēti izmantojot SIMULINK vidē izveidoto modeli. Rezultātu analīze ļauj secināt, ka dati, kuri tika iegūti konstruējot pilnās bifurkāciju diagrammas, ir ļoti precīzi un reālo shēmas elementu neidealitātes neietekmē pārveidotāja kopējo dinamiku, kaut arī ir vērojama neliela bifurkāciju punktu nobīde.

Tādejādi tika parādīts, ka bifurkāciju diagrammu pilno analīzi ir iespējams izmantot impulsu sprieguma pārveidotāju dinamikas pētīšanai, lai noteiktu eksistences un stabilitātes informāciju par vēlamo periodu-1, kā arī gludo un dažāda veida negludo bifurkāciju parādīšanos šajās shēmās.

ВЛИЯНИЕ НЕГЛАДКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Дмитрий Пикулин (Рижский Технический Университет)

В данной статье рассматриваются возможности применения нового подхода к глобальному анализу динамических систем, основанному на методе продолжения по параметру, к широко распространенным схем – импульсным преобразователям напряжения.

В последние десятилетия была доказана необходимость проведения качественного анализа нелинейных явлений в силовой электронике, что позволяет на основе теории хаоса и бифуркаций изучить динамику импульсных преобразователей напряжения при изменении одного или нескольких параметров. Основными

инструментами для изучения нелинейной динамики при изменении параметров являются «грубые» бифуркационные диаграммы, не отражающие неустойчивые периодические орбиты и устойчивые участки в узком диапазоне параметров (редкие аттракторы). Для устранения вышеупомянутых недостатков предлагается использовать новую методику, основанную на методе продолжения по параметру и соответствующей обработке полученных данных.

Основные результаты представлены для повышающего преобразователя напряжения с управлением по току. Для указанного преобразователя были составлены полные однопараметрические бифуркационные диаграммы и рассмотрены различные виды взаимодействия бифуркаций удвоения периода и негладких явлений столкновения границ. В работе была использована дискретная модель преобразователя, позволяющая избежать объемных расчетов траекторий в фазовой плоскости.

Результаты, полученные в ходе численных экспериментов, были проверены при помощи модели созданной в среде SIMULINK. Проверка данных позволяет утверждать, что результаты, полученные при построении полных бифуркационных диаграмм, точны и добавление неидеальностей реальных элементов схемы не влияет на глобальную динамику преобразователя, а приводят к незначительному смещению точек бифуркаций.

Таким образом, было доказано, что полный бифуркационный анализ эффективно применим в исследовании динамики импульсных преобразователей напряжения для получения информации об областях существования и устойчивости режима с периодом-1, а так же возникновении гладких и негладких бифуркаций различного типа.