

ГАЛВАНИЧНО ИЗОЛИРАНИ КОНВЕРТОРИ С ИМПУЛСНА МАГНИТНА ОБРАТНА ВРЪЗКА

Димитър ТОДОРОВ*

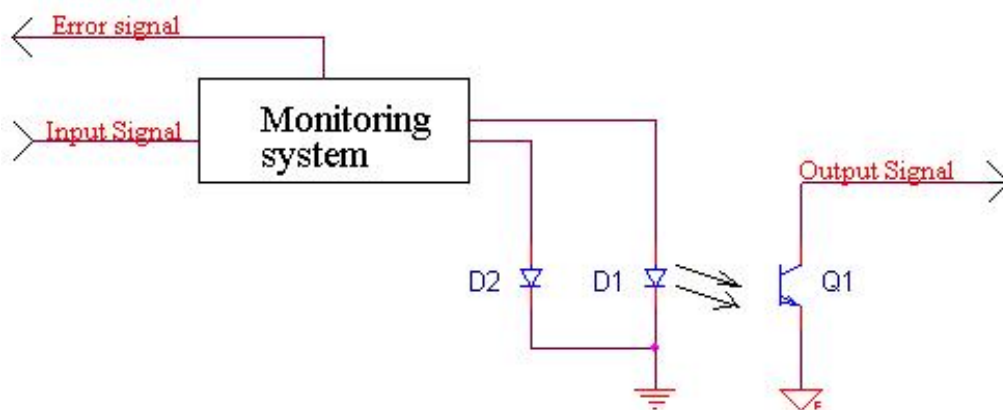
*Технически университет – София, София 1797, България, бул. “Кл. Охридски”
No. 8, Бл. 1 E-mail: dgrt@tu-sofia.bg

Abstract: The paper examines the problems in galvanic isolated converters with optocouplers feedback and instability at high temperatures and strong confounding factors. An alternative to optocoupler feedback is to use magnetic feedback which can be designed to have insensitivity to components tolerance and good temperature stability. Discussed are implementations of the feedback based on closed magnetic structures with amplitude modulation and delta impulse modulation. It is shown the applicability of the delta pulse modulation for synchronous managed building structures. The purpose is increasing the reliability and trouble-free operation in terms of external influencing factors, strong pulse interference and input overvoltage.

Keywords: magnetic, feedback, optocoupler, amplitude modulation, delta impulse modulation

УВОД

Всеизвестен е проблема с деградацията във времето на линейната аналоговата оптоелектронната развързваща част в галванични развързаните преобразуватели [1]. Този проблем в значителна степен се явява критичен при работа в екстремални условия на употреба и то по-специално при работа при повишена температура на околната среда близка до критичните за полупроводниковите структури и в условия на повишена радиация [2, 4]. Основния проблем е прогресивно нарастващата скорост на деградация [3] на оптоелектронните структури при температури приблизително над 60°C. Всякакви опити да бъде решен този проблем посредством въвеждането на паралелни структури явяващи се като датчици за промяна на коефициента на предаване и служещи като информационни компенсирани структури както е показано на фиг.1, е принципно ограничено и временно решение на проблема [5]. Причината за това е, че процесите на деградация на оптоелектронните структури (независимо по какъв начин вътрешно са изградени) имат проявление от тип на „логаритмичен спад“ който след комбинация от определени външни дестабилизиращи въздействия може да има непредсказуемо поведение.



Фигура 1. Схема за автоматична компенсация на деградацията на оптрон .

Въз основа на изложеното по-горе е възможно корекция на оптоелектронните структури до 50% спад на предавателната им характеристика. След тази граница на деградация никой производител не дава гаранции за скоростта и поведението на ефектите на деградация в полупроводниковите структури на оптоизолаторите.

Това означава, че прилагането на тези структури във веригите на обратна връзка при екстремални термични и радиационни условия на условия на работа е принципно залагане на „скрит” дефект заради възможността за отпадане на отрицателната обратна връзка на усилвателните или предавателните структури и създаване на условия за изпадане на изделието в което е вложено това в аварийни и непредсказуеми ситуации.

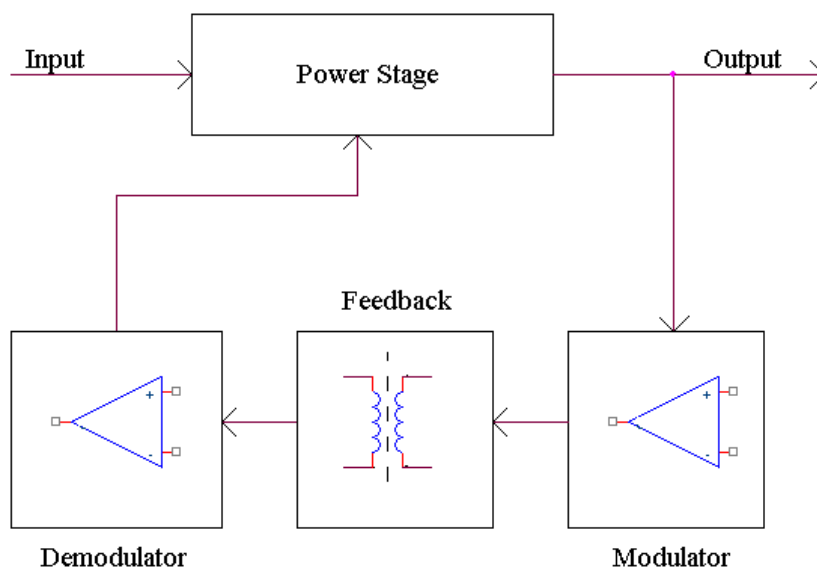
Опит за излизане от тази ситуация е прилагането на ниско ниво амплитудна или цифрова модулация на сигнала за обратна връзка [6]. Но възниква проблема с ограниченията при конструирането във връзка с допустимото ниво на модулация и 50% спад на предавателната характеристика на оптоелектронните структури. Този подход само принципно отлага в по дълъг период от времето вероятността за отпадане на обратната връзка.

Алтернативен метод за изход от тази ситуация е прилагането на алтернативно решение посредством използването на феромагнитни материали за който е известно, че за тях не съществуват деградационни ефекти във целия им възможен цикъл на експлоатация [7].

Радиационно феромагнитните материали не променят своите параметри до нива на при които останалата електроника дори и радиационно защитена би запазила поне част от своята работоспособност. По отношение на температурните промени те биха променили своите параметри единствено при достигане на температурната точка на Кюри, която е по-висока от допустимата работна температура на каквато и да е съвременна полупроводникова структура. Посредством тази идеология може да бъде проектирано схемно решение което да е нечувствително към толерансите на компонентите и да е с много добра температурна стабилност.

Основния проблем при изграждането на предавателен канал на базата на феромагнитни материали е, че той трябва да работи и да предава информация единствено в променливотокови вериги с ограничени или предварително дефинирани честотни и амплитудни параметри [8].

Това означава, че при изграждането на постояннотокови галванично развързани конвертори с магнитна обратна връзка, сигнала за обратната връзка трябва да бъде модулиран, предаден през феромагнитния материал и след това демодулиран както е показано на структурната схема на фиг.2



Фигура 2. Структурна схема на преобразувател с магнитна обратна връзка .

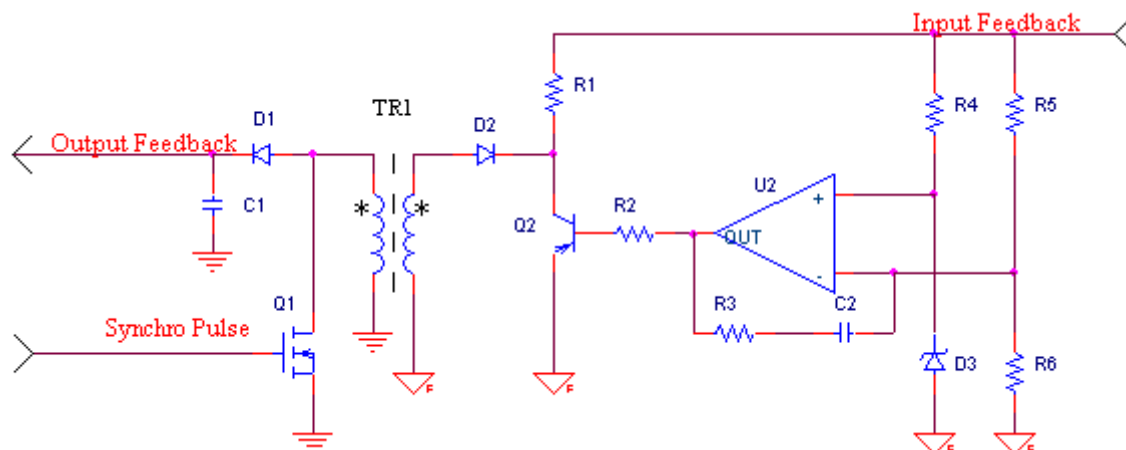
От всички познати принципи на модулация и по следващо възстановяване на сигнала посредством демодулация, най-разпространени и приложими са тези с амплитудната модулация (фиг.3) и делта импулсна модулация.

Принципа на изграждане на феромагнитна обратна връзка с амплитудна модулация е показан на фиг.3 и е основан на идеологията на закона за „Пълния магнитен поток“. Това означава, че две взаимно свързани магнитни вериги са в равнопоставеност за натрупване и разтоварване на магнитната енергия въведена в общото им магнитно поле Това означава, че принудителната модулация в която и да е от тях се отразява във другите намотки с коефициента им на взаимна връзка. Демодулирането за възстановяване на сигнала е възможно да се извършва сравнително лесно посредством посредством пасивен върхов детектор.

Самия принцип на изграждане на амплитудна модулация с магнитни вериги налага и някои свои ограничения [7][8][9], а именно:

- работа по магнитен цикъл в началната област на В-Н кривата

- изграждане на силна взаимна магнитна връзка между галванично развързаните вериги.



Фигура 3. Структурна схема на отрицателна та обратна връзка на преобразувател с амплитудна модулация

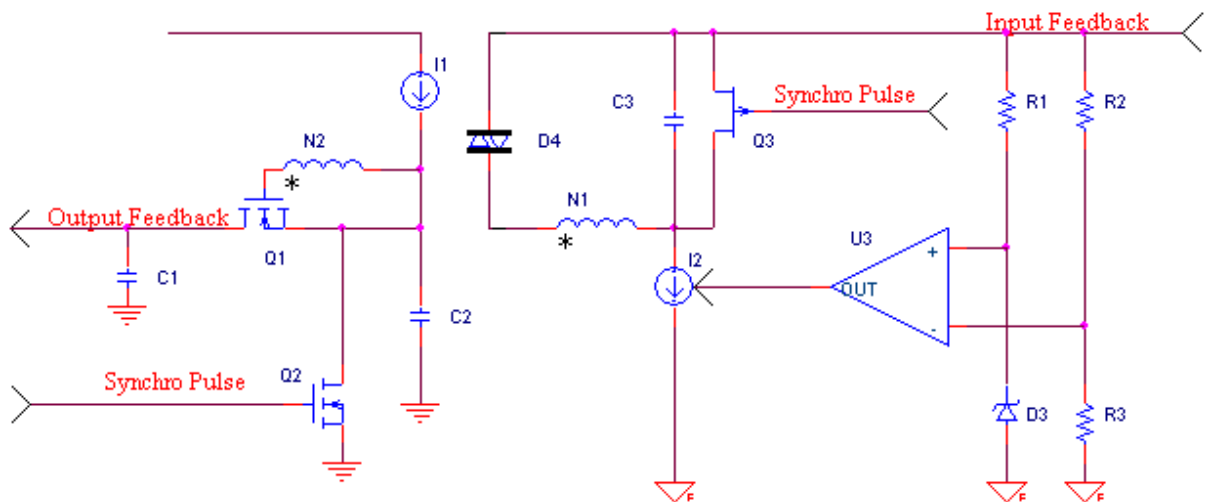
Тези ограничения принципно се избягва при изграждане на веригата за отрицателна обратна връзка на базата делта импулсна модулация и работа на магнитните вериги до тяхното насищане по затворен хистрезисен цикъл. Такива решения принципно се отличават с намалени масогабаритни показатели на феромагнитната верига е обратната връзка и нечувствителност към външни смущаващи фактори..

Идеология за решение на решение по подобна структура е показано на фиг.4. Идеята е стробираното синхронно управление на обратната връзка с поява на единичен управляващ импулс в периода между два строба.

Принципа на работа се основава на отнемане на сигнал от линейно развиващото се напрежение върху C2 синхронно от импулса формиран от намотката N2 и управляващ момента на отпушване на Q1. Този импулс се формира следствие разряда на кондензатора C3 през намотката на импулсния трансформатор N1, който до привежда в наситено магнитно състояние. Извеждането от наситено магнитно състояние на импулсния трансформатор става посредством сигнала Synchro Pulse. Той извежда магнитопровода от наситено магнитно състояние и нулира зарядите върху кондензаторите C2 и C3, като по този начин подготвя схемата за следващия цикъл на нейната работа. Скоростта на натрупване на заряд върху кондензатора C3 е пропорционална на стойността тока от управляемия генератор на ток в зависимост от степента на разбаланса на обратната връзка. Именно скоростта на натрупване на заряд и напрежението на пробив на диода D4, формирането на единичен импулс до момента на насищането на магнитната верига и като отговор определят момента на поява на импулса за прехвърляне на напрежението от кондензатора C2 върху C1. Продължителността на импулса от тип делта модулация зависи

изцяло от параметрите на насищане на магнитната верига и не зависи от околните смущаващи фактори.

Друго предимство е необходимостта магнитопровода да е с колкото е възможно по малки масогабаритни показатели което принципно улеснява неговото въвеждане и извеждане от наситено състояние и принципно позволява изпълнението на предложената структура обратна връзка в хибридни модули .



Фигура 3. Структурна схема на преобразувател с делта импулсна модулация в магнитна обратна връзка .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализиран е проблема с деградацията във времето на линейната аналоговата оптоелектронната развързваща част в галванично развързаните преобразуватели.

Като алтернатива на оптоелектроните обратни връзки са разгледани са реализации на обратната връзка на базата на затворени магнитни структури с амплитудна модулация и делта импулсна модулация.

Анализирана е възможността да бъде проектирано схемно решение което да е нечувствително към толерансите на компонентите и да е с много добра температурна и радиационна стабилност.

Разгледани са недостатъците на решенията на базата на амплитудна посредством използването на феромагнитни вериги в обратната връзка.

Предложеното нетривиално решение на базата на делта импулсна модулация със използване на възможността за работа с наситени магнитни вериги по затворен хистрезисен цикъл се отличава с намалени масогабаритни показатели на феромагнитната верига е обратната връзка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Y. Panov and M. M. Jovanović, "Small-signal analysis and control design of isolated power supplies with optocoupler feedback," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 20, no. 4, pp. 823–832, Jul. 2005.
- [2] J. Bliss, "Theory and characteristics of phototransistors," Motorola Appl. Note AN-440, Motorola Databook "Optoelectronics device data," 1989, pp. 9.3–9.13.
- [3] T. Bajenescio, "CTR degradation and ageing problem of optocouplers," in Proc. Solid-State Integr. Circuit Technol. Conf., Oct. 1995, pp. 173–175.
- [4] T. F. Miyahira and A. H. Johnston, "Trends in Optocoupler Radiation Degradation", Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology Pasadena, California
- [5] Chad D Eiring, Daniel M. Chrystal, Mark K Valevsky, Stephen E Crump; "Automatic compensation for degradation of optocoupler light emitted diode"; Patent US2010/0109545A1; May 6, 2010
- [6] A. H. Johnston, and B. G. Rax, "Proton Damage in Linear and Digital Optocouplers", Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology Pasadena, California
- [7] Brian T. Irving and Milan M. Jovanović; "Design Considerations for Magnetic Feedback Using Amplitude Modulation" Delta Products Corporation, Power Electronics Laboratory, P.O. Box 12173, 5101 Davis Drive, Research Triangle Park, NC 27709 USA
- [8] L. Ou and D. Curtis, "Magnetic feedback ranks high in military converters," *Power Electron. Technol.*, vol. 31, no. 7, pp. 14–19, Jul. 2005.
- [9] R. Valley, "The uc1901 simplifies the problem of isolated feedback in switching regulators," TI Application Note U-94.