

# Проблеми при измерване и тестване на DC/DC конвертори

Assist. Professor. Dimitar Georgiev Todorov, Ph.D.  
Technical University of Sofia, FETT, ET  
( Tel +359 2 965 3281, E-mail - dgt@vmei.acad.bg )

## (Abstract)

**Problems with measurement and testing of DC/DC converters are considered in the present paper.** The necessity of preliminary check up in order to insure the correct plug in and protection of unwanted faults is commented.

The main tests designed for check up and measurement of the regulation of DC/DC converters in variation of the input voltage, load and the output pulsation and noise are considered. The special features of the typical circuit for check up the coefficients of regulation in variation of the input voltage, load and efficiency of the DC/DC converters are defined. Some recommendations for minimizing the measured mistakes when checking the measured parameters related with the voltage drop on wires. are given.

The requirements related with measurement and check up of the temperature coefficient of DC/DC converters as well as and the extra requirements related with it are considered.

Special attention is turned to the problem with the reflecting pulsation caused by the impulse character of the input current in DC/DC converters.

The problems concerned with the measurement of the noises generated by the mass of DC/DC converters and the measurement mass are considered. An alternative method of their measurement is the use of 50  $\Omega$  terminated coaxial broadcasting tie.

## ПРОБЛЕМ

Обширните основни тестове за тест и проверка на DC/DC конвертори [1], [2] изискват много допълнителна и специализирана апаратура, която не е на разположение на всеки разработчик или сервизен техник.

Основната задача на настоящата работа е да се дефинират на опростени измервателни постановки подчинени на стандарта за тест и проверка на DC/DC конвертори, изискващи само основната необходима апаратура с която всеки разработчик или сервизен техник трябва да разполага - амперметър, волтметър и осцилоскоп.

### Предварителна проверка и осигуряване.

1. Ако в свързващите линии имате предпазители (което е препоръчително за входната верига) проверете, че те са здрави и с коректна стойност.

2. Проверете предварително, че подаваното входно напрежение е в рамките на допустимото за обхвата входното напрежение на DC/DC конвертора.

3. Ако ще тествате DC/DC конвертора извън мястото му на монтаж, то се подсигурете предварително като изпълните следните процедури:

- Свържете входното захранване и товара с добре изолирани проводници с подходящо сечение.

- Осигурете необходимата изолация от нежелан допир с други предмети и детайли с изолационен материал с дебелина минимум 2 mm.

- По възможност създайте предпазен изолационен параван осигуряващ тествания DC/DC конвертор от евентуална негова дислокация при извършваните измервания.

### Изисквания за минимизиране на измервателните грешки

1. Трябва да се използват адекватни по стойност постоянно токови настроивани захранващи източници можели да осигуряват необходимия входен ток без насищане и токово ограничение. Това изискване е с цел осигуряване на импулсния стартов входен ток на DC/DC конверторите.

2. Волтметрите измерващи входното и изходното напрежение трябва да бъдат свързани към изводите на подложения на тест DC/DC конвертор за избягване на напрежителния спад по свързващите проводници.

3. Ако DC/DC конвертора има много изводи за изход или вход, то за връзка на силовата част е препоръчително да се използват всички изводи в паралел. Измервателните волтметри се подключват директно към изводите на DC/DC конвертора с цел избягване грешката от напрежителния спад по свързващите проводници.

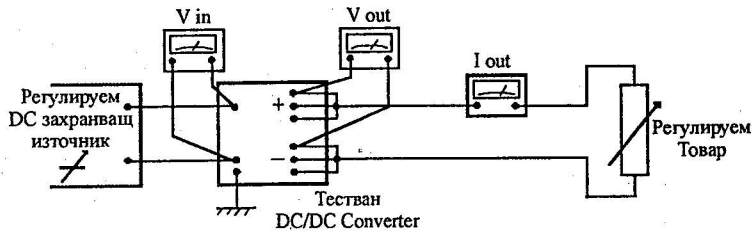
4. Пространството в което се тества да осигурява необходимата околна температура специфицирана за работен режим на DC/DC конвертора.

### Основни тестове

Основните тестове са предназначени за проверка и измерване на регулацията на DC/DC конверторите при промяна на входното напрежение, товара и на изходните пулсации и шум.

Обширните основни тестове изискват много допълнителна и специализирана апаратура. Тук ще бъдат илюстрирани методи за тест и проверка изискващи само основната необходима апаратура с която всеки разработчик или сервизен техник трябва да разполага - амперметър, волтметър и осцилоскоп.

Типичната верига за проверка на коефициентите на регулация и коефициента на полезно действие на DC/DC конверторите е показана на фиг.1.



Фиг.1 Схемна конфигурация за проверка на коефициентите на регулация и коефициента на полезно действие на DC/DC конвертори.

### Измерване и проверка на регулация при промяна на входното напрежение

За пълния обхват на товара се измерват и записват изходните напрежения при номинално входно напрежение, минимално входно напрежение и максимално входно напрежение. Регулацията по промяна на входното напрежение е разлика между стойностите на изходното напрежение при минимално и максимално входно напрежение отнесена като процент към изходното напрежение за номинално входно напрежение.

$$K_{Uimp} = \frac{[U_{out}(U_{inp_{min}}) - U_{out}(U_{inp_{max}})]}{U_{out}(U_{inp_{nom}})} \cdot 100 \quad [\%]$$

### Измерване и проверка на регулация при промяна на товара

За номинално входно напрежение се записват стойностите на изходното напрежение за минимален и максимален товар. Регулацията по товар е разликата между стойностите на изходното напрежение при минимален и максимален товар отнесена като процент към изходното напрежение за максимален товар.

$$K_{I_{out}} = \frac{[U_{out}(I_{out\ min}) - U_{out}(I_{out\ max})]}{U_{out}(I_{out\ max})} \cdot 100 \quad [\%]$$

За някои конвертори имащи ограничена товарна характеристика дефинирана като процентно отклонение (например  $60\% \pm 40\%$  от максималния товар) измервателната процедура трябва да бъде коректно модифицирана.

### Измерване и проверка на температурния коефициент

Веригата за проверка на температурния коефициент е същата като тази на фиг.1, но DC/DC конвертора подложен на тест е разположен в температурна камера.

Входното напрежение се установява на номинална стойност, изходния ток за максимална стойност и температура на камерата  $25^{\circ}\text{C}$ . След известно време на стабилизация на температурата в камерата се измерва и записва стойността на изходното напрежение. Камерата се установява на  $0^{\circ}\text{C}$  или на минимално специфицираната за конвертора работна температура. Изчаква температурата в камерата да се стабилизира. Това може да продължи по-дълго от 30 минути и зависи от размера на камерата и мощността на тествания конвертор. Когато температурата се стабилизира се измерва и записва стойността на изходното напрежение.

Същата процедура се повтаря и за  $+50^{\circ}\text{C}$  или по-висока, ако е специфицирана по-висока работна температура. Разликата между изходните напрежения за минимална и максимална температура на околната среда (температурата в камерата) разделена на изходното напрежение за  $25^{\circ}\text{C}$  се отнася към температурната разлика на теста. Резултата се получава като  $\%/^{\circ}\text{C}$ .

$$K_{\Theta} = \frac{\left\{ \frac{[U_{out}(\Theta\ min) - U_{out}(\Theta\ max)]}{U_{out}(\Theta = 25^{\circ}\text{C})} \right\}}{(\Theta\ max - \Theta\ min)} \cdot 100 \quad [\%/^{\circ}\text{C}]$$

Температурния коефициент на конверторите с повече от един изход има големи стойности и се дава като "типична" средна стойност между температурните коефициенти на отделните изходи.

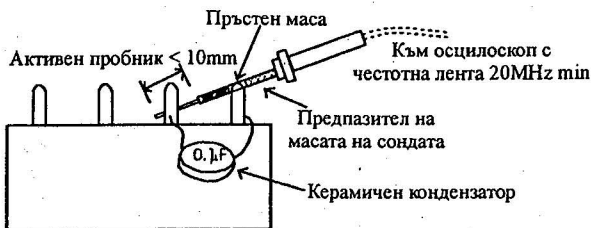
### Изходни пулсации и шум

Поради високата работна честота и външно излъчваната емисия от DC/DC конверторите не възможно да се организира коректни измервания без специализирана или специално пригодена за това тестова екипировка.

За избягване от "блатото" на генерираните от излъчващата емисия в измервателния кръг пикови стойности, тестовата постановка се организира както е показано на фиг.2 при минимално налична апаратура.

За целта се използва специално пригоден пробник на осцилоскопа с външен пръстен за маса и много къс измервателен край. При провеждане на измерването пръстена на масата на сондата се държи плътно прилепен към изходната маса на

DC/DC конвертора, докато активния измервателен край пробника е плътно прилепен към активния изходен извод. Това представлява верига на минимален антенен кръг за външно излъчваната емисия. При необходимост внесените в образуващия се антенен кръг смущения могат да бъдат редуцирани със свързването на външен керамичен кондензатор със стойност от  $0.1\mu\text{F}$  непосредствено на изводите на DC/DC конвертора. Препоръчителната минимална честотна лента на осцилоскопа е 20 MHz.

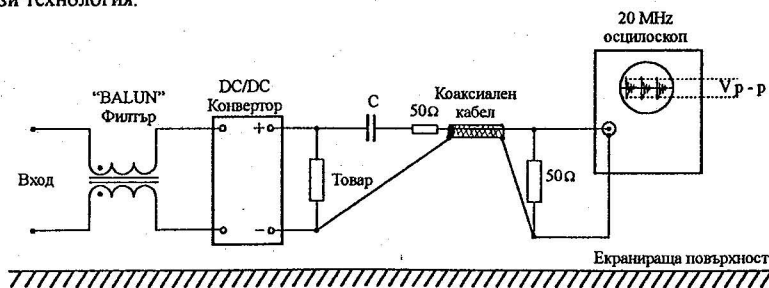


Фиг.2 Измерване на изходни пулсации и шум посредством използването на специален пробник.

Пробниците от конвенционален тип с външно изнесен извод за маса са "безполезни" при тези измервания защото образуват антенен кръг с голяма площ.

Формата на изходните пулсации в повечето DC/DC конвертори е с триъгълна форма за работната им честота с насложени високочестотни шумове и смущения. Амплитудата на изходните пулсации се отчита за общото напрежение от връх до връх от екрана на осцилоскопа - Vp-p.

Друг метод на организиране на акуратна измервателна постановка е използването на  $50\Omega$  терминиран коаксиален кабел свързващ изхода на DC/DC конвертора и осцилоскопа. На фиг.3 е показано организацията на измервателната постановка по тази технология.



Фиг.3 Измерване на изходните пулсации и шум при използване на терминиран коаксиален кабел.

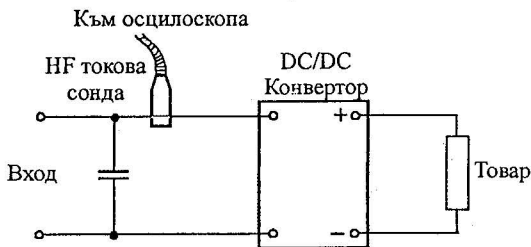
Особеното на тази конфигурация е използването на входен "BALUN" филтър за предпазване на проникването на шумовете от входната верига през захранващия източник към осцилоскопа и изходната измервателна верига. Използването на екранираща замасена повърхност под DC/DC конвертора (от мед или алуминий -

което също е приемливо) затваря веригата за смущения от външно излъчваната емисия посредством токове на Фуко в среда с нисък импеданс.

При този метод на измерване действително измерената стойност на напрежението от пик до пик от осцилоскопа е два пъти по-малка, защото терминиращия кабел дели сигнала на две. Свързващия кондензатор  $C$  трябва да бъде електролитен с много ниско вътрешно серийно съпротивление и стойност не по-малка от  $10\mu\text{F}$ , а входната верига на терминиращия коаксиален кабел трябва да образува минимален антенен кръг.

#### Пулсации на входния ток

Това е допълнително дефиниран параметър на DC/DC конверторите свързан със тяхната същност на работа - импулсен преобразователен режим. Обикновено той не се специфицира в техническата документация на изделията. Неговото измерване се налага когато в апаратурата DC/DC конверторите се захранват от относително високо импедансен източници или са свързани с много дълга жица към захранването. Типичната измервателна конфигурация с използване на високочестотна токова сонда е показана на фиг.4.



Фиг.4 Измерване на пулсациите на входния ток с използване на високочестотна токова сонда.

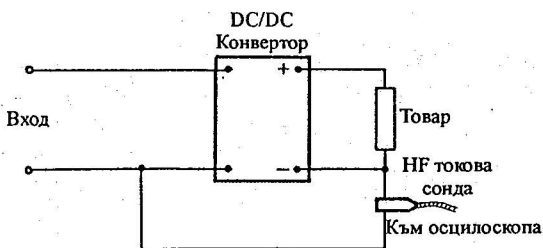
Стойността на този ток се дефинира като амплитуда на входния ток от връх до връх -  $I_{\text{inp p-p}}$ .

Смущенията от тези пулсации за всяко конкретното приложение са в пряка зависимост от избрания начин на монтаж, трасировката на захранващите писти и отдалечеността от захранващия източник. Намаляването на смущенията от тези пулсации се извършва с помощта на външни за DC/DC конверторите PI или LC филтри монтирани непосредствено до него. За маломощни DC/DC конвертори могат да се използват и само C филтър, ако кондензатора има ниска стойност за ESR.

#### Токови шумове между галванично разделени маси

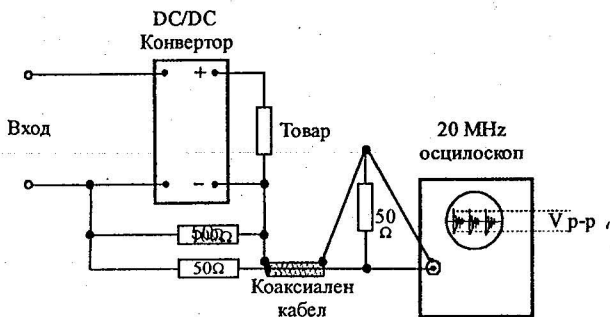
Това са токови шумове които протичащи между галванично разделените активни изводи в следствие на проходните кондензатори в DC/DC конверторите.

Подходяща технология за тяхното измерване е използването на високочестотна токова сонда и осцилоскоп, както е показано на фиг.5. Амплитудата на измервания шумов ток е  $I_{\text{noise p-p}}$ .



Фиг.5 Измерване на шумове генерирани по масата с използване на високочестотна токова сонда и осцилоскоп

Алтернативен метод на тяхното измерване е използването на ниско импедансен  $50\Omega$  терминиран коаксиална предавателна връзка, както е показано на фиг.6. Амплитудата на измервания шумов ток е  $I_{noise\ p-p} = (2 \cdot V_{p-p}) / 50$



Фиг.6 Измерване на шумове генерирани по масата с използване на терминирана коаксиална предавателна връзка към осцилоскоп.

Допълнителното намаляване на тези шумове е възможно посредством използването на външно свързване на кондензатор с подходяща стойност между галванично разделените маси.

### Заклучение

1. Илюстрирани са методи за тест и проверка изискващи само основната необходима апаратура с която всеки разработчик или сервизен техник трябва да разполага - амперметър, волтметър и осцилоскоп.
2. Дефинирани са измервателните постановки подчинени на стандарта за тест и проверка на DC/DC конвертори.
3. Разгледани са методите за коректно измерване на шумовите параметри с налична апаратура.

### Литература

1. Testing Power Converters , Power Box - Philips, 2000
2. Power Supply Handbook , Artesyn Technologies, 2000