

ИЗМЕРВАТЕЛЕН ГЕНЕРАТОР НА ТОК ЗА КАЛИБРИРАНЕ НА ТОКОВИ ТРАНСФОРМАТОРИ

доц. д-р инж. Стефан Йорданов Овчаров - ТУ-София
гл. ас. инж. Велико Георгиев Великов - ТУ-София
гл. ас. инж. Петър Иванов Якимов - ТУ-София

Because of the increase of the price of the electric energy there is a need of precise current sensors, specially current transformers. They have to be calibrated by a precise current source, which must have a wide range of amplitude, phase and frequency of the generated current. In the article is shown a digitally controlled current source for calibration of current transformers, used in the metrology laboratories in the country. The output current is up to 300A with accuracy 0,5%, frequency from 45Hz to 65Hz, and phase from 0° to 360° with accuracy 0,01°. The control is based on the single-chip microcontroller MC68HC11. Digitally synthesized sinusoidal signal drives a high-power current amplifier. There are two feedback loops to obtain a high accuracy of the amplitude and phase. First is a standard analog loop. The second loop is digital and includes measuring the output current by the on-chip ADC and a program correction.

Повишаването на цената на електроенергията и неговото отражение върху цените на всички стоки и услуги изисква отчитането на електрическата енергия да се извършва чрез измервателни средства с висока точност. При измерването на енергия, потребявана от консуматори на големи мощности освен електромери се използват и измервателни преобразуватели на ток и напрежение. Най-масово използвания измервателен преобразувател на ток е токовият трансформатор. За точната проверка на параметрите на токовите трансформатори е необходим прецизен измервателен генератор на ток, който трябва да покрива широк диапазон на изменение на амплитудата, фазовия ъгъл и честотата на генерирация ток. Генераторът трябва да има възможност за задаване с висока точност на много малки изменения на посочените параметри на тока.

В статията се предлага цифрово управляем измервателен генератор на ток, предназначен за изработка на стимулиращи входни сигнали, необходими за проверката или калибирането на токови трансформатори (работни или еталонни), използвани в метрологичните лаборатории в страната. Съществуващите в момента захранващи уредби не са стабилизираны и измененията на мрежовото напрежение по амплитуда и честота оказват пряко влияние върху резултатите от измерванията при проверката и калибирането на токовите трансформатори. Установяването на тока при тази уредба се извършва трудно, неточно и не е

възможно да се гарантира надеждна повторяемост на задаването. Това не позволява да се получи сравнимост на резултатите. Наблюдаваните през последните две години изменения на мрежата са толкова големи и чести, че е невъзможно да се постигне уравновесяване на високочувствителната уредба при висока разрешаваща способност, когато се измерват и калибрират токови трансформатори с клас на точност 0,05 и по-добър.

Предлаганата разработка ще премахне тези недостатъци и с това значително ще повиши достоверността, повторяемостта и сравнимостта на резултатите от калибриранията. Генераторът осигурява изменение на изходния ток от 1mA до 300A. Диапазонът е разделен на 9 обхвата. Точността на задаване е 0,5%. Честотата може да се променя от 45Hz до 65Hz с точност 0,01Hz. Фазовият ъгъл се променя от 0° до 360° с точност 0,1°.

В измервателния генератор е вграден и еднофазен източник на синусоидално напрежение, чиято ефективна стойност се променя от 0V до 250V с точност 0,5%. Той ще се използва при проверка на ватметри.

Измервателният генератор се състои от следните блокове - блок клавиатура и индикация, управляващ микропроцесорен блок, блок напрежителен усилвател и блок токов усилвател.

Блокът клавиатура и индикация е предназначен за визуализация и въвеждане на следните параметри: ефективна стойност на тока, проценти на ефективната стойност на тока, честота, ефективна стойност на напрежението и фазов ъгъл между тока и напрежението.

Микропроцесорният управляващ блок извършва следните действия:

- синтезира по цифров път две синусоидални напрежения за управление на токовия и напрежителния усилватели,
- измерва изходния ток и коригира стойността на синусоидалното напрежение, управляващо токовия усилвател,
- управлява блока клавиатура и индикация по сериен синхронен интерфейс SPI и
- осъществява връзка с външен компютър по сериен интерфейс RS232.

Напрежителният усилвател усилва напрежението, генерирано от управляващия блок до зададената стойност. Изграден е по стандартна схема с трансформаторен изход.

Токовият усилвател преобразува управляващото напрежение в ток със зададена ефективна стойност. Работи в

режим клас D, като крайните транзистори са биполярни с изолиран гейт IGBT. Усилвателят има трансформаторен изход.

От анализа на задачите, които трябва да се решават от микропроцесорния блок се достига до заключението, че е необходимо да се използва микропроцесорна система /за предпочитане едночипов микроконтролер или микрокомпютър/, която съдържа аналого-цифров преобразувател, синхронен сериен интерфейс SPI и асинхронен сериен интерфейс. Тези изисквания се удовлетворяват от едночиповия микроконтролер MC68HC11 на фирмата MOTOROLA. За нуждите на управляващата програма се вгражда и оперативна памет RAM (6264) с обем 8kB и постоянна памет EPROM (27256) с обем 32kB.

Синусоидалните напрежения за управление на напрежителния и токовия усилватели се получават от цифроаналогови преобразуватели DAC1 и DAC2 с разрядност 12 бита. Един период на тези напрежения се синтезира от 64 участъка(точки), чито стойности се четат от таблица, записана в постоянната памет EPROM. За подтискане на висшите хармонични са включени активни филтри.

Честотата на синтезираните сигнали се променя като се променя тактовата честота на прехвърляне на данните от таблицата в цифроаналоговите преобразуватели.

Фазовата разлика между двета напрежителни сигнала се получава като данните, които се подават към цифроаналоговите преобразуватели се четат от различни адреси в таблицата.

За постигане на висока точност при възпроизвеждане на амплитудата и фазовия ъгъл на тока са въведени различни обратни връзки.

Веригата на първата обратна връзка обхваща само токовия усилвател. При нея усилвател на грешката сравнява напрежението от изхода на филтера и напрежението от изхода на еталонен токов трансформатор, което е пропорционално на изходния ток.

Веригата на втората обратна връзка обхваща токовия усилвател, филтера и цифроаналоговия преобразувател. С нея се въвежда цифрова корекция в заданието за изходния ток, чрез което се постига прецизно установяване на амплитудата и фазовия ъгъл. За целта токът, противачаш през товара на измервателния усилвател се измерва чрез вградения в микроконтролера аналогоцифров преобразувател. Дискретизираният сигнал се разлага в ред на Фурье за получаване на реалната и имагинерната съставящи. От тях се получават действителните амплитуда и фазов ъгъл на изходния ток. Умножени по подходящи коефициенти те се прибавят към данните от таблицата и се

получава коригираното задание за цифроаналоговия преобразувател. Въведената цифрова корекция има много голяма времеконстанта, но в настоящия случай тя не оказва влияние, тъй като процесът на измерване на токовите трансформатори е стационарен и продължава сравнително дълго време.

Българският Държавен Стандарт 8.900-85 изисква измервателните еталонни средства да се подлагат на периодична проверка и калибиране, които се извършват от Държавната метрологична служба. За облекчаване на настройката на измервателния генератор, за калибирирането се използват константи, които се съхраняват в енергонезависимата памет EEPROM на микроконтролера.

Чрез интерфейса RS232 се осъществява връзка с персонален компютър за обработка на данните, архивиране, отпечатване на протокол от измерването и издаване на сертификат за съответното изделие.

Описаният генератор на ток е разработен в Проблемната Научноизследователска Лаборатория по Полупроводникова Схемотехника към катедра "Електронна техника" на ТУ-София за нуждите на лаборатория "Електрическа енергия и мощност" към Националния Център по Метрология към Комитета по стандартизация.

Измервателният генератор на ток за калибиране на токови трансформатори има следните технически характеристики:

величина	обхват	точност
ток	0 - 300A	0.5%
напрежение	0 - 250V	0.5%
фаза	0° - 360°	0.1°
частота	45 - 55 Hz	0.01Hz

Литература:

1. Овчаров Ст., В.Великов, Н.Тюлиев, Е.Балканска, П.Якимов, Товарно устройство за проверка и настройка на релейна защита, автоматика и телемеханика, сб.доклади "Форум енергийни проблеми на България" с международно участие, 22-24 юни 1993г., Варна, к. Св.Константин

2. Овчаров Ст., В.Великов, Н.Тюлиев, Е.Балканска, П.Якимов Калибратор за проверка и настройка на универсални датчици за електрическа мощност и енергия, сб.доклади "Втора национална научно-приложна конференция с международно участие "Електронна техника '93", 29 септември - 1 октомври 1993 г.

