

Измерване на електропотреблението (електромери).

На този въпрос се отделя по-голямо внимание по две причини. От една страна, чрез електромерите става плащането на ел.енергия, а от друга - тези устройства много често са обект на “въздействия”.

Точността с която трябва да работят електромерите, на пръв поглед, не е висока – 1-2 % за битови цели и много по-рядко 0,1-0,2 % във възлови подстанции. Всъщност, съгласно стандарта тази точност трябва да се запазва и при претоварване 4, 6 или 8 пъти, а това означава значително увеличаване на исканата точност. Така един електромер за 10А трябва да отчита вярно и при 40А (за съвременното потребление това не е много – 8-10kW) и при 100 mA. Тези изисквания са се формирали с времето. В началото, за битово потребление електричеството се е използвало предимно за осветление и максималната консумация не е надвишавала 1-2 kW, докато по-късно ролята на електрическите уреди нараства, но изискванията за точност се запазват – електромерът трябва да работи точно когато свети една лампа и когато е включено електрическото отопление. Според стандарта за електромери клас 1 (1%) основните изисквания за допустима грешка са:

За активен товар ($\cos\varphi=1$):

от 0,05.Iосн до 0,10.Iосн < 1,5%
от 0,10.Iосн до Imax < 1,0%

За реактивен товар ($\cos\varphi=0,5$):

от 0,1.Iосн до 0,2.Iосн < 1,5%
от 0,2.Iосн до Imax < 1,0%

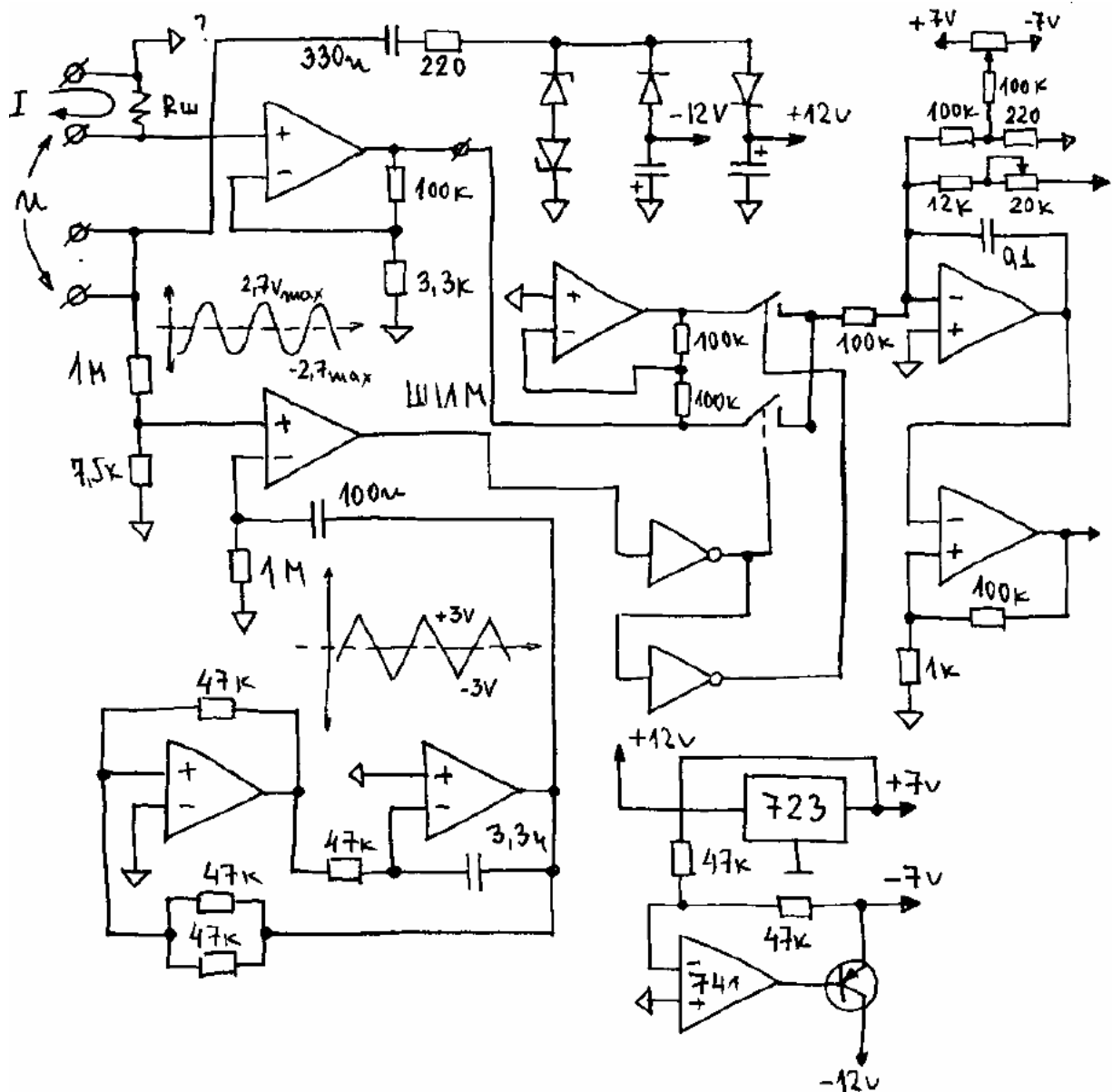
като обикновено $I_{max} = (4-6).I_{осн}$. Допълнително има изискване за чувствителност - уредът да започне да отчита при 0,4% от основния ток. При $I_{max} = 6.I_{осн}$ и при 6-7 разряда за постигане на точност 1,5% при ток 0,05.Iосн, като се има предвид, че сигналът е двуполярен, се получават около 16000 нива за АЦП. Ако преобразуването е без превключване на обхватите трябва да се постигне 14-15 разряда или за уред с точност 1% е необходим поне 14-разряден АЦП. Освен това има изисквания тези параметри да се запазват в широк температурен обхват.

Допълнителните изисквания се отнасят към съхранение на информацията дълго време без захранване, устойчивост на шокови смущения, на краткотрайни пропадания в мрежата и други. Това е една от причините, за битови цели още масово да са разпространени електромеханичните електромери, главно поради по-ниската им цена. При трифазните електромери и такива от по-висок клас електронните електромери изместват механичните.

Електронните електромери работят съгласно дефиницията за активна енергия – сумата (интеграл) от моментните стойности на произведението на тока и напрежението. Колкото е по-висока честотата (на дискретизация) с която се отчитат моментните стойности толкова по-високи хармонични съставки ще бъдат включени в крайния резултат. За целта има специално разработени интегрални схеми включващи бързи и многоразрядни АЦП (за тока и напрежението), умножители, филтри и преобразуватели в код или честота. По тези въпроси може да се ползва допълнителната литература [solid_state.pdf](#), [reactive_energy_metering_international_edition.pdf](#), [mi_editorial2.pdf](#), [solidstate_energymeter.pdf](#), [ad7750.pdf](#) както и [ETE_1.pdf](#) и [elmer_distancionno_otcitane.pdf](#).

Умножението на моментните стойности на U и I може да се извърши и чрез “класически” време-импулсен умножител. Схема на електромер на този принцип е дадена по-долу. Токът от измерваната верига се усилва, инвертира и подава на аналогови ключове. Напрежението се преобразува в импулси с различна продължителност (ШИМ). Когато импулсите са във високо ниво към интегратора се подава сигналът от токовата верига, а когато са в ниско ниво – инверсната му стойност.

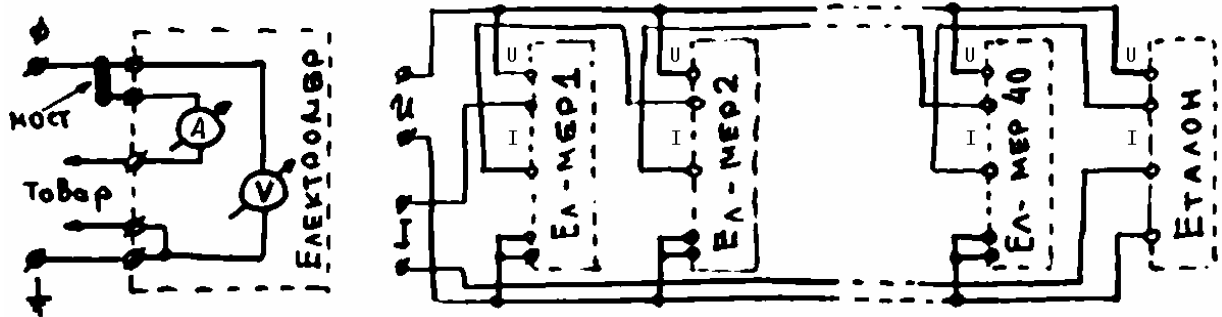
Информацията за тока се получава от шунтово съпротивление. Усилването е около 30 пъти. Аналоговите ключове са от тип CD4066. Генераторът на триъгълно напрежение за основната честота на ШИМ е реализиран с два операционни усилвателя – интегратор и компаратор. За получаване на необходимата точност изходните нива на компаратора трябва да са стабилни. Амплитудата на генератора (3V) трябва да е по-голяма от максималната амплитуда на входното напрежение след делителя (2,7V). Честотата на генерация трябва да е 5-10kHz, като в случая е около 6 kHz (на схемата осцилограмите за 50Hz и 6kHz са при различен мащаб на времето!). Модулацията се получава като на компаратора се подава входното напрежение на електромера и



триъгълното (на инвертиращия вход). Триъгълното напрежение се подава през кондензатор за да се отстрани евентуалното постоянноотково отместване предизвикано от не-идеалните операционни усилватели. Интеграторът, заедно с компаратора в изхода преобразуват енергията в импулси. Когато напрежението в изхода на интегратора достигне прага на задействане на компаратора, той се превключва и през веригата 12k и потенциометъра 20k интеграторът се разрежда до достигане на другото ниво на компаратора. Това е “класическа” схема на преобразувател на напрежение в честота (в случая доста ниска). Импулсите от изхода на компаратора се подават на брояч (делител) от изхода на който се управлява електро-механичен брояч (не са показани на схемата) в който се натрупва енергията и който служи за отчитане. Най-младшият разряд на този брояч съответства на 0,1 kWh. За да се получи добра точност и стабилност, захранващото напрежение се получава от прецизен източник – LM723. Изправителят е реализиран по схема на без-трансформаторно захранване с кондензатор 330 nF.

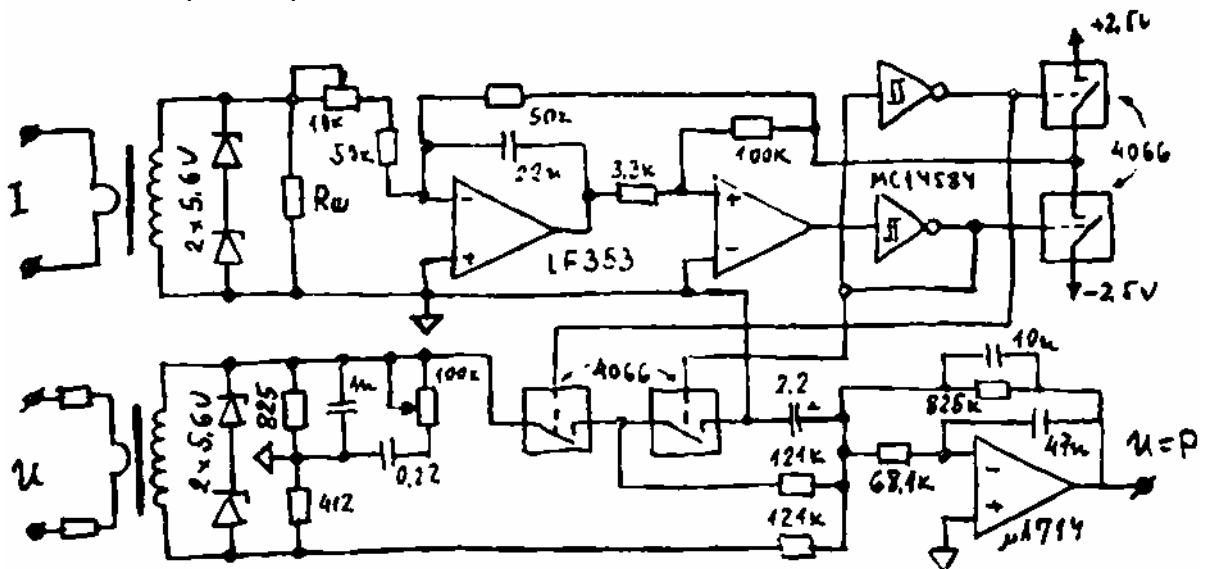
Тази схема не е подходяща за серийни електромери защото не отговаря на изискванията на електрификационните дружества независимо, че по параметри отговаря на стандарта. Проблемът е, че токовата и напрежителната верига на електромера не могат да се разделят. В режим на нормална работа това не е необходимо. При проверка и настройка в лабораториите на

електроснабдителните дружества се налага да се тестват едновременно много електромери обикновено 40-60. Това се прави защото изпитването на един електромер продължава по няколко



часа. При тестването токовете вериги на електромерите се отделят от напрежителните и се включват последователно, а напрежителните – в паралел. Към тях се включва и еталонен електромер. Показанията на тестваните електромери се сравняват с еталонния при различни режими на работа. Ако веригите не може да се разделят, напрежението на всеки следващ електромер ще намалява с пада в токовата верига и изпитването няма да е коректно. По тази причина електромерите трябва да имат мост между напрежителната и токовата верига, който при тестване да се отстранява.

На схемата по-долу е показан преобразувател подобен на вече описания, но за разлика от него токовата и напрежителната верига са разделени поради използването на трансформатори. При това решение токът, а не напрежението се преобразува чрез ШИМ. Друга особеност е, че напрежението се измерва с токов трансформатор, като то се подава през два последователно свързани еталонни резистора.

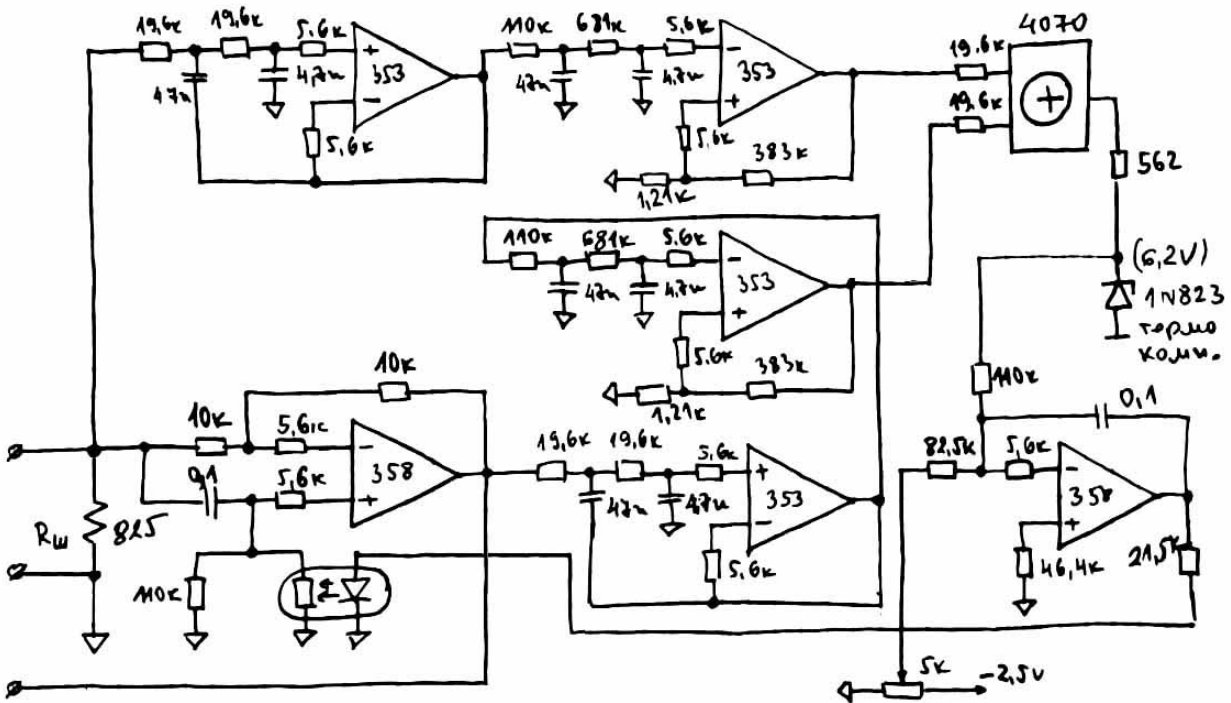


На тази тема е и статията в допълнителната литература [str2.pdf](#).

Измерването на реактивна енергия е по-трудно. Затова и изискванията по стандарт са занижени. В същото време консумираната реактивна енергия е много по-малко от активната и това не води до значителни грешки. Доколкото реактивната енергия натоварва електроенергийната система то за консумирането и по-скоро се плащат глоби.

Реактивната енергия може да се отчита по различни начини – чрез измерване на пълната, активната и изчисления, чрез измерване на тока и напрежението и изчисления, чрез дефазирание на отчетите преди умножението, чрез директно измерване и т.н. Тези въпроси се дискутират в [reactive_energy_metering_international_edition.pdf](#) от дадената литература.

Всъщност измерването на реактивната мощност става така както се измерва активната, но единият от сигналите преди това се дефазира на 90° (много точно). Ако това е сравнително проста задача за синусоиден сигнал с постоянна честота, за тока и напрежението в реалната мрежа не е. От една страна промяната на честотата при фиксирани фазо-изместващи вериги ще води до грешки съизмерими със стойността на консумираната реактивна енергия. От друга страна формата на напрежението и особено на тока в повечето случаи е далеч от синусоида. Това не позволява използването на елементарни решения за дефазиране. На схемата по-долу е показано устройство



което може да се използва при измерване на реактивна мощност с точност по-добра от 0,5 %. С него токът или напрежението се дефазира на 90° , а след това се използва измерител на активна мощност. Дефазирането на сигнала става със схема на повторител, на не-инвертиращия вход на който има честотно зависима верига. Времоконстантата на тази верига се променя с управляем фото-резистор. Сигналите преди и след дефазирането се сравняват със схема на изключващо "или" като сигналът в изхода на схемата при 90° ще е с коефициент на запълване 0,5. Този сигнал се преобразува в напрежение което се сравнява с еталонно (-2,5V). Предвидена е настройка на това напрежение за да се компенсират грешките от толерансите на елементите.

За да се дефазира основният хармоник сигналите преминават през активни и пасивни филтри. Преди логическата схема, с компаратори се формират правоъгълни импулси.

Въпроси:

1. Какви са основните задачи които се изпълняват при управлението на ЕЕС?
2. Какви измервания се извършват в подстанциите?
3. Какви са типичните стойности на входните и изходните величини на първичните преобразуватели в подстанциите?
4. Какви са областите на приложение на симулирането на параметрите на ел.мрежа?
5. Какви са основните проблеми пред електронните електромери?
6. От какъв порядък е точността която се изисква от електромерите?
7. Какъв е принципът на работа време-импулсния умножител?
8. Защо токовата и напрежителната верига на електромера трябва да могат да се разделят?