

**Техничко решење: Метода мерења активне снаге у  
сложенопериодичном режиму**

**Руководилац пројекта:** Владимир Вујичић

**Одговорно лице:** Владимир Вујичић

**Аутори:** Зоран Митровић, Драган Пејић, Иван Жупунски, Марјан Урекар, Слободан Милованчев, Владимир Вујичић

**Развијено:** у оквиру пројекта технолошког развоја ТР-32019.

**Година:** 2011.

**Примена:** 01.12.2011.

**Кратак опис**

Метода користи стохастички процесор ортогоналних трансформација за мерење вредности активне снаге на дистрибутивној мрежи. У општем случају, сигнал напона, а поготово струје, може имати сложенопериодичан облик. Мерење активне снаге своди се на тражење средње вредности интеграла производа два сложенопериодична сигнала. Налажење средње вредности интеграла производа два сложенопериодична сигнала може да се реши коришћењем дискретне Фуријеове трансформације. Предложена метода користи стохастички процесор ортогоналних трансформација за добијање ове вредности која представља активну снагу. Сигнали напона и струје доводе се у стохастички процесор ортогоналних трансформација, а затим се комбиновањем вредности синусних и косинусних компоненти струјног и нпонског сигнала израчунава активна снага.

**Техничке карактеристике:**

Предложена метода је интересантна по томе што може да обезбеди резултат боље резолуције него што је квантни корак, а да при том талсни облик улазних сигнала не утиче на тачност резултата. Стохастички А/Д конвертор даје резултат са горњом границом апсолутне грешке од  $\sigma_s^2 \approx 2 \frac{1}{N} \frac{\Delta_1^2}{4} R^2$ . Ако је мерни опсег  $R=2,5V$ , и ако је резолуција конвертора са sukcesивним апроксимацијама 8 битова, квантни корак је  $\Delta_1 = \frac{2,5V}{127} = 19,68mV$ . Са датим параметрима, довољно

је одбирке базисних синусних и косинусних функција меморисати у 10-о битној резолуцији.

**Техничке могућности:**

Метода омогућава да се директном применом принципа стохастичке адиционе А/Д конверзије, уз одговарајуће комбиновање синусних и косинусних коефицијената постигне одређивање вредности реактивне снаге сигнала на дистрибутивној мрежи. Дужим мерењем постиже се већа тачност и то пропорционално са кореном броја одбирака. Уколико би се користили А/Д конвертори са динамичком компензацијом офсета, постигнута тачност у мерењу реактивне снага била би у неколико стотина ppm-а.

**Реализатори:**

Факултет техничких наука у Новом Саду

**Корисници:**

Факултет техничких наука у Новом Саду и ION SOULTIONS *д.о.о.* као партиципант. Могућ је пренос технологије према свим заинтересованим субјектима.

**Подтип решења:**

Нова метода (М 85)

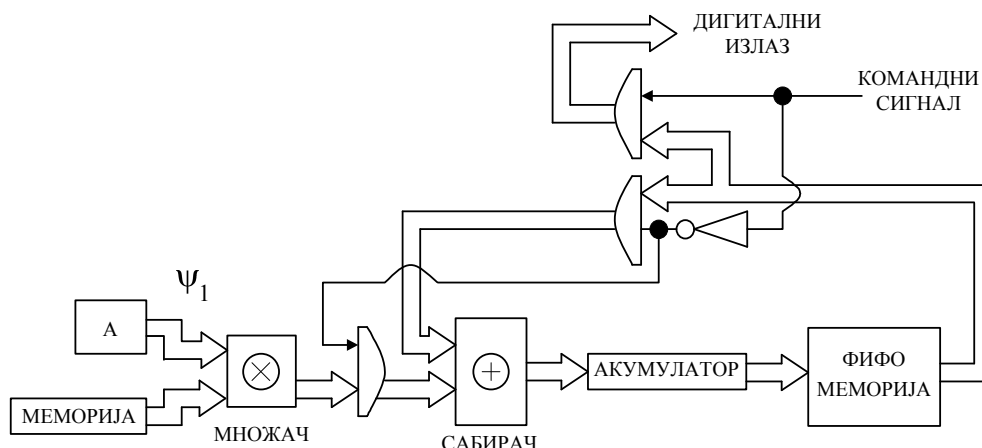
**Стање у свету**

Мерење активне снаге подразумева два приступа: аналогни или дигитални. Аналогни приступ подразумева аналогно множење два сигнала и потом аналогно филтрирање добијеног резултата. Дигитални приступ подразумева претходну дигитализацију улазних сигнала и потом множења добијених одбирака. Добијени производи одбирака се сабирају у акумулатору, а коначан збир се рескалира са укупним бројем одбирака и тако се добија средња вредност. Предложена метода користи стохастички

процесор ортогоналних трансформација за добијање синусних и косинусних коефицијената, а потом обрадом добијених коефицијената даје резултат о активној снази.

### Опис методе

Полазна основа предложене методе је стохастички процесор ортогоналних трансформација приказан на слици 1.



Слика 1. Стохастички процесор ортогоналних трансформације

Предност стохастичког А/Д конвертора да може да оствари тачност мерења бољу од квантног корака заснована је на статистици. Наиме, униформни шум  $h_1$ , који има амплитуде у опсегу  $\pm$  половина квантног корака се аналогним путем додаје улазном напону. Униформна расподела амплитуде шума доводи до тога да се целобројни резултати А/Д конверзије добијају са две типичне вредности, а њихова средња вредност даје тачан резултат. Теоретски, ако је мерење довољно дуго у погледу временског трајања, односно укупног броја појединачних одбирака, горња граница апсолутне грешке мерења, односно квантни корак може произвољно да се смањи. У пракси, проблем настаје услед присуства офсета компаратора, који представља метролошко ограничење за даље смањивање квантационе грешке.

Нека је дата функција  $y=f(t)$  на интервалу  $t \in [t_1, t_2]$ , нека је она непрекидна и нека на границама интервала има исте вредности  $f(t_1)=f(t_2)$ .

Тада се она може развити у ред

$$y = f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos i\omega t + b_i \sin i\omega t) \quad (1)$$

при чему су коефицијенти  $a_i$  и  $b_i$  дефинисани следећим релацијама

$$a_i = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(i\omega t) dt \quad (2)$$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(i\omega t) dt \quad (3)$$

где је  $T=t_2-t_1$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  и  $i = (0,1,2,3,\dots,m,\dots)$ .

Ред (1) се назва Фуријеовим редом или Фуријеовим развојем функције  $y=f(t)$ .

Означимо, надаље, са  $u=f_1(t)$  мрежни напон, а са  $i=f_2(t)$  мрежну струју. Тада су

$U_i, I_i, (i = 0,1,2,3,\dots,m)$  амплитуде хармоника напона и струје,

респективно. Њихове фазе у односу на почетни тренутак мерења су  $\phi_i, \psi_i, (i = 1,2,3,\dots,m)$  за напон и струју, респективно.

Средња или активна снага у аналогном домену се дефинише следећом релацијом

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt \quad (4)$$

Из дефиниције (4), проистиче да је:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \left[ U_0 + \sum_{i=1}^m U_i \sin(i\omega t + \phi_i) \right] \cdot \left[ I_0 + \sum_{i=1}^m I_i \sin(i\omega t + \psi_i) \right] dt \quad (5)$$

односно, после срачунавања интеграла,

$$P = U_0 I_0 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m U_i I_i \cos(\phi_i - \psi_i) \quad (6)$$

Другим речима, активна снага је једнака збиру активних снага појединачних хармоника. У дистрибутивној мрежи не постоје једносмерне компоненте напона нити струје па се (6) своди на

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m U_i I_i \cos(\phi_i - \psi_i) \quad (7)$$

Аналогно са претходним извођењем, може се показати да је

$$P = \frac{a_0 c_0}{4} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (a_i c_i + b_i d_i), \quad (8)$$

односно за реалне сигнале на дистрибутивној мрежи

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (a_i c_i + b_i d_i), \quad (9)$$

активна снага изражена преко коефицијената тригонометријских полинома напона и струје. Напоменимо да су  $a_i, b_i, (i = 1, 2, \dots, m)$  коефицијенти тригонометријског полинома напона, а  $c_i, d_i, (i = 1, 2, \dots, m)$  коефицијенти тригонометријског полинома струје.

Резултат добијен предложеном методом је утолико тачнији уколико мерење траје дуже и то са кореном броја одбирака.

**Метода мерења реактивне снаге у сложенепериодичном режиму развијена је на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. ТР-32019 код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.**

*Децембар 2011.*