

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

Руководилац пројекта: Владимир Вујичић

Одговорно лице: Владимир Вујичић

Аутори: Иван Жупунски, Небојша Пјевалица, Марјан Урекар, Слободан
Милованчев, Владимир Вујичић, Платон Совиљ

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32019.

Година: 2011.

Примена: 01.12.2011.

Кратак опис

Метода користи стохастички процесор ортогоналних трансформација за мерење вредности реактивне снаге на дистрибутивној мрежи. Заснована је на чињеници да се, познајући квадратурне хармонијске компоненте сигнала напона и струје на мрежи, одговарајућим прорачуном, може доћи до вредности реактивне енергије, односно дељењем са временским интервалом до реактивне снаге. Сигнали напона и струје доводе се у стохастички процесор ортогоналних трансформација. У овом поступку, ортогонална трансформација која се користи је дискретна Фуријеова трансформација, тако да стохастички ортогонални процесор користи меморисане одбирке синусних и косинусних сигнала од основног до педесетог хармоника. Меморисани одбирци су за два бита веће резолуције од улазних А/Д конвертора, што омогућује да се у напред тачно зна горња граница апсолутне гречке мерења, која је услед својства стохастичког процесора ортогоналних трансформација уједно независна од евентуалних изобличења улазних сигнала. Директном манипулацијом над добијеним коефицијентима може да се израчуна реактивна снага, без потребе за увођењем додатних кола за кашњење.

Техничке карактеристике:

Предложена метода је интересантна по томе што може да обезбеди резултат боље резолуције него што је квантни корак, и да при том не користи додатна

кола за кашњење сигнала. 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 SOLUTIONS *д.о.о.* као партиципант. Могућ је пренос технологије према свим заинтересованим субјектима.

Подтип решења:

Нова метода (М 85)

Стање у свету

Мерење реактивне снаге представља захтеван проблем, јер је нужно или уводити временско кашњење једног од сигнала, или индиректним путем доћи до вредност

реактивне снаге, независним мерењем ефективних вредности напонског и струјног сигнала, и мерењем кашњења које код простопериодичних сигнала представља фазни став, а код сложенопериодичних није довољно прецизно дефинисано, али може да се тумачи као еквивалантан фазни став (што је предмет бројних актуелних академских расправа). Кашњење сигнала за мерења врхунске тачности није лако постићи аналогним путем, јер промена фреквенције утиче на вредност кашњења код аналогних кола, што свакако доприноси вредности грешке. Кашњење дигиталним путем је тачније од аналогних кола за кашњење, али техника није једноставна за мерења врхунских перформанси, јер се јавља проблем синхронизације услед присуства шума у реалном сигналу. Предложеном методом се отклања проблем грешке које би уносила било аналогна, било дигитална кола.

Приказ методе

Основне величине које се мере у мрежи ЕПС-а су напон и струја. У општем случају то су сложенопериодични напон и струја. Дефиниција реактивне снаге је:

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T u \left(t - \frac{T}{4} \right) i(t) dt \quad (1)$$

преко амплитуда и фаза хармоника реактивна снага Q

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\sum_{i=1}^m U_i \sin(i\omega(t - \frac{1}{T}) + \phi_i) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^m I_i \sin(i\omega t + \psi_i) \right] dt \quad (2)$$

односно, коначни *израз преко амплитуда и фаза хармоника* за Q је

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m U_i I_i \cos(\phi_i - \psi_i - i \frac{\pi}{2}) \quad (3)$$

Производ једносмерних компоненти $U_0 I_0$ је компонента једносмерне активне снаге и не улази у састав реактивне снаге Q . Из израза (3) се види да у простопериодичном режиму, кад у мрежи постоје само основни хармоници напона и струје, реактивна

снага $Q = Q_1 = \frac{1}{2} U_1 I_1 \sin(\phi_1 - \psi_i)$ се представља, као што се види, добро познатим изразом .

Израз за Q преко коефицијената тригонометријских полинома се

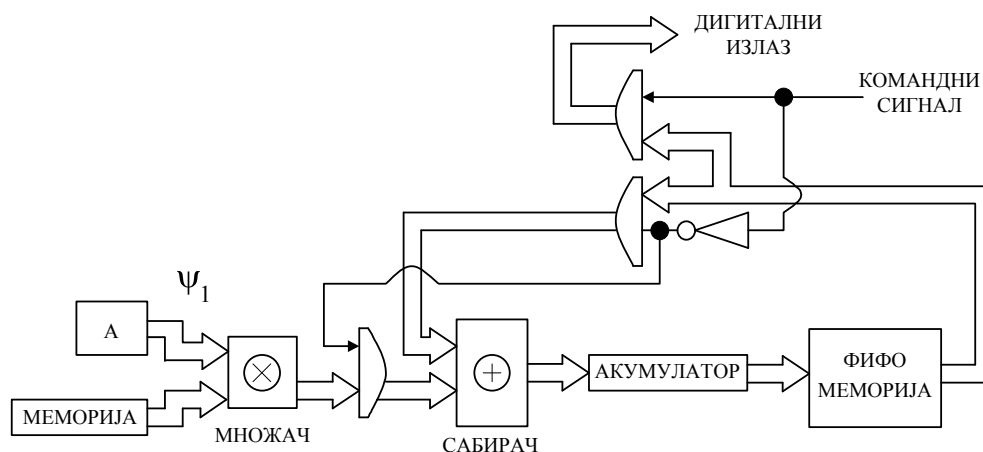
изводи из дефиниционог обрасца (2)

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\sum_{i=1}^m \left(a_i \cos i\omega \left(t - \frac{T}{4} \right) + b_i \sin i\omega \left(t - \frac{T}{4} \right) \right) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^m \left(c_i \cos i\omega t + d_i \sin i\omega t \right) \right] dt \quad (4)$$

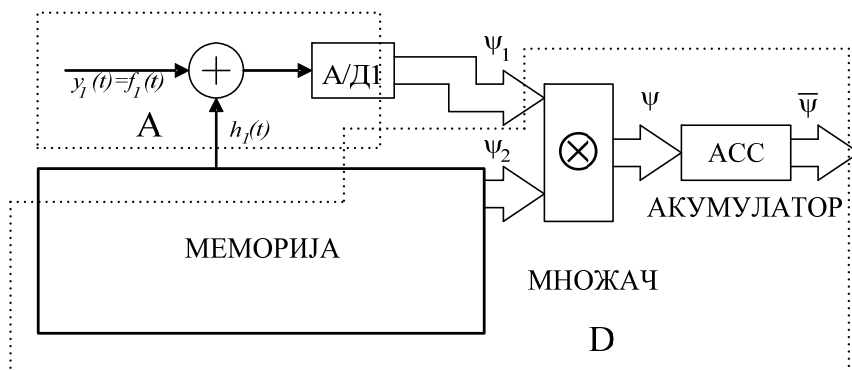
па је коначно

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \left((a_i c_i + b_i d_i) \cos \left(-i \frac{\pi}{2} \right) + (b_i c_i - a_i d_i) \sin \left(-i \frac{\pi}{2} \right) \right). \quad (5)$$

Коефицијенте фазно помереног сигнала путем стохастичког процесора ортогоналних трансформација добијамо тако што напонски сигнал множимо са одбирцима базисних функција које су фазно померене.



Слика 1. Стохастички процесор ортогоналних трансформација



Слика 2. Стохастички процесор ортогоналних трансформација модификован за мерење реактивне снаге

У поступку мерења стохастичким приступом усредњава се збир великог броја одбирака. Фреквенција одабирања износи типично $> 100\text{kHz}$.

Већ при броју од 50 одбирака по хармонику постиже се горња граница апсолутне грешке од само $2,5\text{mV}$ (за мерни опсег улазног А/Д конвертора од $R=2,5\text{V}$ са 8-о битно резолуцијом и 10-о битно резолуцијом меморисаних одбирака), а даље смањење грешке постиже се дужим мерењем и употребом А/Д конвертора са динамичким уклањањем офсета.

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.