

ASPECTE TEHNICE IMPORTANTE PRIVIND FUNCȚIONAREA MICROREȚELOR ELECTROENERGETICE

Sveatoslav POSTORONCĂ

Universitatea Tehnică a Moldovei, Școala Doctorală Știința Calculatoarelor, Electronică și Energetică

Rezumat: În lucrare se examinează particularitățile funcționării microrețelelor cu multiple surse de generare distribuită, care au o topologie insulară. Ca problemă fundamentală pentru aceste structuri se prezintă stabilizarea frecvenței și tensiunii la evoluții aleatoare atât a sarcinilor cât și a puterii surselor de generare. Devierea frecvenței în microrețea poate fi afectată și de faptul aplicării mai multor convertizoare a electronicii de putere, care pot funcționa la frecvențe diferite. Aplicarea algoritmilor moderne de comandă cu convertoarele electronicii de putere de tipul DC/AC poate asigura menținerea funcționării sigure a unui sistem insular de alimentare cu energie electrică, dotat inclusiv cu componente de stocare a energiei. Se analizează diferite soluții de stabilizarea a frecvenței în rețeaua de alimentare insulară atât la devieri mici, cât și la devieri relativ mari a frecvenței condiționate atât faptul generării distribuite, cât și de schimbările sarcinii.

Cuvinte cheie: generare distribuită; convertizor static, frecvență, tensiune.

Introducere

Promovarea conceptului de generare distribuită, actualmente proces de anvergură globală, poate fi plasat pe o treaptă avantajată față de sistemul electroenergetic centralizat. Totodată, focusându-ne pe abordarea tehnică a acestei tranziții complexe, trebuie de menționat și prezența unor particularități mai puțin cunoscute în contextul vechii configurații centralizate, dar care deschid o arie nouă de subiecte pentru cercetare. În sfera de aprovizionare a consumatorilor cu energie electrică scopul primordial al furnizorului este de a asigura o tensiune alternativă sinusoidală, frecvență și valoare efectivă. Devierea valorii frecvenței în timp are un impact asupra distribuției puterii active și reactive în rețea. În sistemul centralizat, care are un timp relativ ridicat de răspuns la perturbații interne și externe, stabilizarea frecvenței prezintă o problemă dificilă pentru operatorul de sistem. La sistarea acțiunii factorului de perturbație are loc un proces cu atenuare în timp a dezechilibrului de putere cu revenirea sistemului de alimentare la regimul permanent. Apariția unor astfel de situații în sistemele electroenergetice de mare putere nu are o frecvență mare. Fluctuațiile puterii active și reactive în sistemele de mică dimensiune, care în prezent sunt denumite microrețele, pot conduce la fenomene, ne-caracteristice pentru sistemele electroenergetice mari. Creșterea cotei structurilor definite ca microrețele conduce la apariția mai multor particularități în regimurile de funcționare a sistemelor electroenergetice. În prezenta lucrare se analizează subiectele ce țin de funcționarea microrețelelor de curent alternativ (AC), care ocupă doar o parte a lor, altă parte fiind microrețelele de curent continuu (DC).

1. Particularități ale topologiei microrețelelor

Topologia caracteristică a unei microrețele include o gamă variată de surse de generare și consumatori. Adesea puterea instalată a receptoarelor de energie este comparabilă cu puterea instalată a surselor de generare distribuită din rețeaua respectivă. Pentru a echilibra sistemul de alimentare cu energie electrică se recurge la includerea în topologia sau arhitectura microrețelelor cu surse distribuite de generare a convertizoarelor electronicii de putere. Caracterul intermitent al surselor de generate în baza energiei regenerabile conduce la sporirea gradului de incertitudine în rețea privind echilibrarea regimului producere-consum de energie în timp real. Incertitudinea curbei de sarcină și a curbei de generare, care are un caracter aleatoriu în timp creează de asemenea dificultăți în echilibrarea regimului rețelei generare - consum.

Funcționarea concomitentă a mai multor surse de generare, a căror frecvențe în realitate nu coincid, conduce la necesitatea de a sincroniza aceste surse în cadrul rețelei de alimentare, deci la realizarea unui management energetic în timp real. Managementul energetic este un set de opțiuni orientate spre asigurarea calității de aprovizionare cu energie electrică prin dispecerizarea centralizată de către operatorii de distribuție, sau realizarea funcției de dispecerat însuși de către consumatori. Experiența acumulată indică la faptul, că microrețelele cu dispecerat la nivelul de consum se prezintă ca o opțiune complexă, care poate oferi rețelei de distribuție centralizate servicii de management energetic. Aparte de aceste categorii de soluții organizatorice, la momentul actual se acordă o atenție sporită subiectelor de cercetare privind argumentarea și aplicarea procedurilor tehnice, care sunt asigurate teoretic și tehnologic, deci cu soluții inovatoare de gestionare și cu echipamente respective întru aplicarea acestor soluții [1].

2. Scheme generale de integrare în microrețele a diverselor tipuri de surse

Sistemele electroenergetice cu diferite tipuri de surse de energie, regenerabile și clasice, mai sunt numite hibride. Modul lor diferit de funcționare generează probleme la conectarea lor într-o rețea funcțională unitară. Fiecare sursă este necesar de dotat cu un convertor de energie pentru a fi compatibilă cu parametrii rețelei de alimentare. Aceste convertoare pot fi redresoare în cazul generării AC, și choppers în cazul generatoarelor de DC. Cel mai simplu exemplu de acest gen este conectarea unor grupuri de generatoare fotovoltaice solare în componența unei microrețele. Modulele PV generează curent continuu, iar convertoarele de tip DC/AC asigură racordarea surselor DC la rețeaua AC. Eficiența energetică optimală de funcționare se atinge (valoare maximală a randamentului) la utilizarea elementelor de stocare a energiei și a generatoarelor acționate de motoare cu ardere internă pentru a asigura peak-urile de consum maxim. Această abordare este viabilă și pentru turbinele eoliene. În cazul turbinei eoliene, convertorul electromecanic poate fi atât mașina asincronă, cât și mașina sincronă [2]. Variațiile vitezei vântului conduc la fluctuații de frecvență a curentului generat de instalația eoliană. Pentru a stabili frecvența în aceste condiții se utilizează convertoare ale electronicii de putere, care schimbă rapid raportul dintre puterea activă și cea reactivă în planul variabilelor P-Q. În cazul unor instalații combinate din surse eoliene și fotovoltaice fiecare din ele trebuie să aibă un convertor cu tensiunea ajustată la elementul de stocare.

Topologia sistemului devine mai complexă la includerea simultană a surselor fotovoltaice, eoliene, generatoare cu motoare cu ardere internă și elemente de stocare. Aceasta permite stocarea energiei obținute din sursele cu generare intermitentă, dar necesită dotare cu convertoare DC/AC. Structura cu convertoare de tipul DC/AC are un caracter complex. Astfel, unul din aceste convertoare are un rol deosebit pentru realizarea procedurii de sincronizare a funcționării acestui tip de rețea. Acest convertor se mai numește inverterul-master după care se sincronizează celelalte convertizoare.

Devine tot mai răspândit sistemului de alimentare ce include surse fotovoltaice și micro – hidro – turbine. Există două scheme de cuplare: i) prima constă în redresarea energiei de la turbină și înmagazinarea ei în elementele de stocare, unde sunt cuplate și celulele fotovoltaice, după care imediat are loc conversia în AC și injectarea în rețea, ii) a doua soluție, mai eficientă, constă în injectia directă a energiei de la turbină în rețea la parametri controlați, iar bateria fotovoltaică injectează energie în rețea prin intermediul unui convertor. Lista acestor combinații poate fi continuată, dar la baza funcționării se vor considera algoritmi respectivi de conectare prin intermediul convertoarelor statice.

3. Soluții de menținere a frecvenței

Reglarea frecvenței în microrețea este un exercițiu foarte important, de care depinde instantaneu echilibrul dintre puterea produsă și cea consumată. În sistemele centralizate, la depășirea limitelor normate pentru frecvență, pot apărea probleme serioase în funcționarea sistemului, inclusiv avarii. La devieri mici ale frecvenței în sistem se isprăvesc generatoarele din categoria mașinilor rotative utilizând efectul inerțial al rotorului. La devieri mai mari problema se

soluționează prin implicarea unui regulator automat, care readuce echilibrul puterilor în sistem, restabilind frecvența în mod indirect. Altă abordarea problemei stabilizării frecvenței constă în realizarea funcției controlului instantanei a frecvenței un sistemul cu surse de generare distribuită, în lipsa unei legături rigide a frecvenței cu rotația turbinei generatorului.

Sistemele de control a frecvenței în circuitele insulare (rețele cu generare distribuită) se bazează pe elementele de control automat a frecvenței prin stocarea și disiparea controlată a energiei, de scurtă sau lungă durată [3]. Acest control este asigurat de către convertoarele de putere, care pot avea diferite configurații în funcție de principiul de reglare utilizat, care sunt numite regulatoare electronice de sarcină.

Prima opțiune de stabilizare a frecvență constă în utilizarea regloatoarelor automate bazate pe elemente de stocare, cum ar fi baterii de acumuloare, celule de combustie, baterii redox-flow, volante rotative, bobine superconductoare, etc. Energia este înmagazinată în cazurile de surplus și este injectată în situații de deficit în rețea. Cel mai simplu exemplu de acest fel este reprezentat în figura de mai jos.

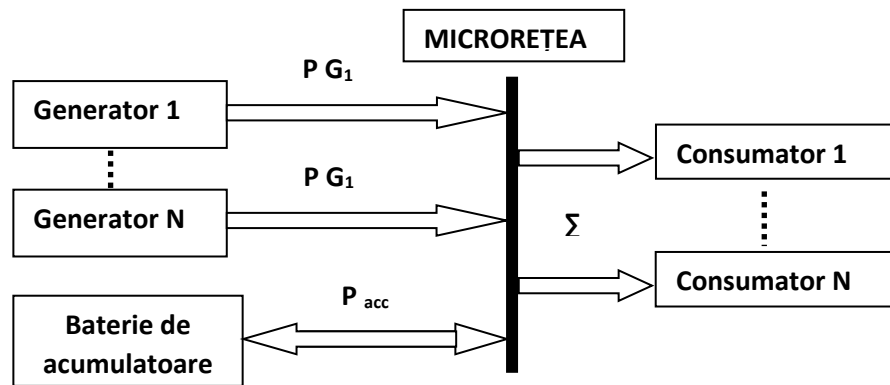


Figura 1. Reglarea frecvenței prin utilizarea elementelor de stocare

A doua modalitate constă în disiparea energiei furnizate în exces de generatoare. Această situație este mai răspândită în cazurile de cogenerare. Surplusul de energie produsă din sursele de energie regenerabilă este disipată în rezistențe de putere. Controlul fluxului de putere este efectuat de către un convertor configurat în mod diferit - balast de sarcină. Puterea electrică este direcționată către rezistoare prin intermediul a trei convertoare statice de putere, funcționarea cărora este bazată pe modularea duratei impulsului (Phase Width Modulation). Deci, controlul fluxului de putere se efectuează prin modificarea undei PWM, care și comandă cu cheile de putere. Filtru LC de la intrarea convertorului atenuază armonicile superioare introduse de funcționarea însăși a convertorului.

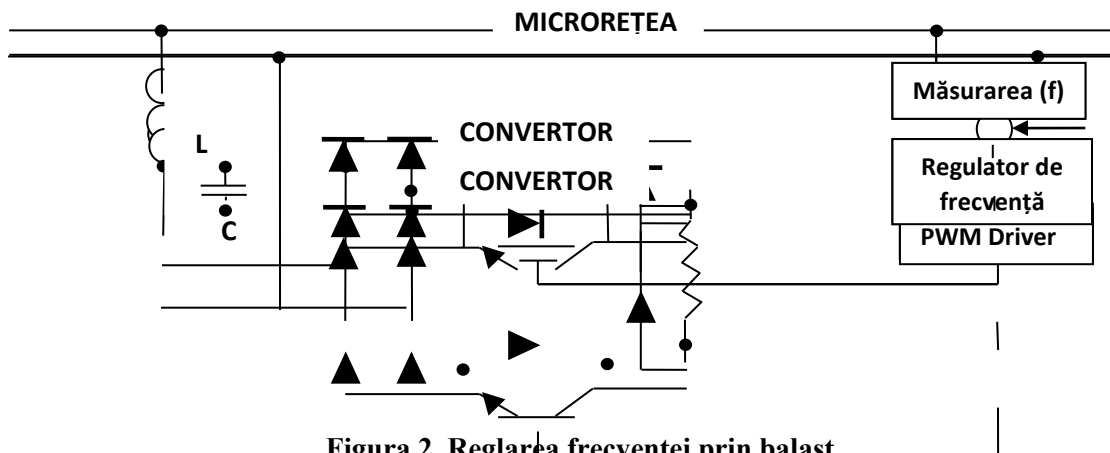


Figura 2. Reglarea frecvenței prin balast

Dezavantajul se manifestă prin controlul frecvenței doar în cazurile de surplus de energie. Respectiv, în momentele când cererea depășește puterea generată sarcina de balast nu mai poate răspunde necesităților de reglare a frecvenței. În scopul prevenirii acestor situații se disting două metode: i) se deconectează unele sarcini de prioritate redusă, ii) se recurge iarăși la utilizarea

elementelor de stocare a energiei în scopul asigurării echilibrului energetic în momentele când cererea depășește capacitatea surselor de generare. Mai des sunt utilizate elementele de stocare pentru reglarea frecvenței în micrețele cu surse de energie regenerabilă. Îmbinarea elemente de stocare - sarcină de balast este mai rar întâlnită, cu toate că dispune de unele avantaje tehnice și economice. Așa dar, în situațiile de surplus de energie, sarcina de balast reglează frecvența și oferă posibilitate dispozitivului de stocare de a acumula energie. Apoi la apariția deficitului de energie, sarcina de balast iese din funcțiune și deficitul este acoperit de energia preluată din elementele de acumulare. Reprezentarea grafică a acestei soluții este în Figura 3.

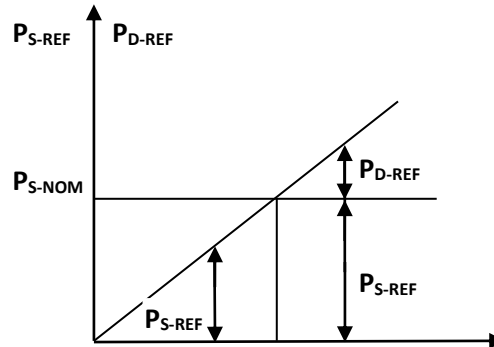


Figura 3. Componenta puterilor active la P_{S-NOM} zitivul de stocare PS și sarcina de balast PD

P_S – puterea activă absorbită de elementul de stocare;

P_D – puterea activă absorbită de sarcina de balast;

P_{REF} – excesul de putere furnizată reguletoarelor (P_{S-REF} și P_{D-REF} , puterea de referință de stocare și de balast).

Astfel, dacă puterea de referință este mai mică decât puterea elementului de stocare, atunci bateria va acumula tot excesul de putere până când se va încărca. Pe când sarcina de balast va absorbi doar acea putere, de care nu mai este nevoie pentru a încărca bateriile.

Concluzii

Din punct de vedere al menținerii calității energiei electrice furnizate consumatorului micrețelele sunt caracterizate de instabilitate sporită din motive de inerție redusă a parametrilor de calitate: tensiunea și frecvența. Pentru soluționarea acestor probleme la promovarea concepției de generare distribuită este necesară o abordare diferită decât în situația rețelelor electroenergetice de tip centralizat. În cazul diversității tipurilor surselor de generare a energiei în cadrul unei micrețele au o mare importanță procedeele de menținere a echilibrului dintre puterea generată și cea consumată.

Referințe

Articole în reviste:

1. BUCHHOLZ, B., et al, Lessons learned: European pilot installations for distributed generation – an overview by the IRED cluster, CIGRE, C6-302, 2006.
3. TULADHAR, A., JIN. H., UNGER, T., and MAUCH, K. Control of parallel inverters in distributed AC power systems with consideration of line impedance effect, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 36, no.1, pp.131-138, Jan/Feb 2000.

Articole în culegerile conferințelor:

2. MAJUMDER, R., GHOSH, A., LEDWICH G., and ZARE, F. Operation and control of hybrid microgrid with angle droop controller, Tnecon IEEE region 10 Conference, pp.509-515, Nov. 2010.