



OPERATION MODE OF POWER SYSTEM OF REPUBLIC OF MOLDOVA, INTERCONNECTED WITH ROMANIAN SYSTEM

Vitaly POSTOLATY, Vladimir BERZAN

Power Engineering Institute of the Academy Science of Moldova

Abstract – The results of analysis of the operating mode of the power system of the Republic Moldova for some scenarios of accomplishment of interconnection with power system of Romania: cvazisincron scenario using machine angle adjustment phase shifting at the transformer stations Vulcaneshti, Baltsi and Central State district Station (CERSM), to the accomplishment of station Back-to-Back Vulcaneshti in different variants of simultaneous operation with CERSM with/without 330 kV OHL Vulcaneshti-Chisinau, in the case of delivery interruption of energy supply from CERSM via 400 kV line Have been analyzed in the article. It was realized that adjusting the active power through interconnection Baltsi-Suceava or Vulcaneshti-Isaccea leads to the change of the regime in both internal networks and the Ukrainian power system. BtB installing 330 kV OHL leads to the loading of OHL Vulcănești-Chisinau (400 kV Balti -Suceava is excluded from the calculation) to 571 MW by changing the value and direction of power flux in 330 kV OHL from Chisinau to CERSM, decreasing the power flow entering in the north of the country (OHL 330 kV CHP Dnestrovsk - Baltsi) and 330 kV OHL (Kotovsk-CERSM). Occur major changes of active power flux from buses CERSM to Ukraine in comparison with the regime before including the scheme of BTB Vulcaneshti and 330 kV OHL Vulcaneshti-Cishinau in the calculation. The change of the running direction and values of power fluxes through the networks of unified power system has as a consequence the increase by 171 MW (from 2961 MW to 3132 MW in) active power losses in this system in comparison with the base regime. It is underlined the fact that the accomplishment of asynchronous interconnection with Romania has regional impact by modifying power fluxes both in the electricity system of Moldova and Ukraine, Romania and operating mode of CERSM.

Keywords: power system interconnection Romania, Back-to-Back, distribution power flux, active power losses.

REGIMUL DE FUNCȚIONARE AL SISTEMULUI ELECTROENERGETIC AL REPUBLICII MOLDOVA LA INTERCONECTAREA CU ROMÂNIA

Vitalie POSTOLATI, Vladimir BERZAN

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

Rezumat – În lucrarea se prezintă rezultatele analizei regimului de funcționare a sistemului electroenergetic al Republicii Moldova pentru unele scenarii de realizare a interconexiunii cu sistemul electroenergetic al României: scenariul cvazisincron cu utilizarea utilajului de reglare a unghiului decalajului de fază la stațiile de transformare Vulcănești, Bălți și la Centrala Electrică Raională de Stat Moldovenească (CERSM), la realizarea stației Back-to-Back la Vulcănești în diferite variante a funcționării simultane cu CERSM cu/și fără LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău, la suspendarea livrării energiei de CERSM prin LEA 400 kV. S-a constatat, că reglarea puterii active prin interconexiunea Bălți-Suceava sau Vulcănești-Isaccea conduce la modificarea regimului atât în rețelele interne, cât și în liniile sistemului electroenergetic ucrainean. Instalarea BtB conduce la încărcarea LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău (LEA 400 kV Bălți –Suceava este exclusă din calcul) până la 571 MW cu schimbarea valorii și direcției fluxului de putere în LEA 330 kV de la Chișinău spre CERSM, micșorarea fluxului de putere intrat prin nordul țării (LEA 330 kV CHE Dnestrovsk-Bălți) și în linia LEA 330 kV (Kotovsk-CERSM). Au loc schimbări esențiale ale fluxului de putere activă de la barele CERSM spre Ucraina în comparație cu regimul de până la includerea în schema de calcul a BtB Vulcănești și a LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău. Schimbarea direcției de circulație și a valorilor fluxurilor de putere prin rețelele sistemului electroenergetic unificat au ca urmare majorarea cu 171 MW (de la 2961 MW până la 3132 MW) a pierderilor de putere activă în acest sistem în comparație cu regimul de bază. Se indică la faptul, că realizarea interconexiunii asincrone cu România are impact la nivel regional prin modificarea fluxurilor de putere atât în sistemul electroenergetic al Republicii Moldova, cât și în cel ucrainean, românesc, precum și a regimului de funcționare a CERSM.

Cuvinte cheie: interconexiune cu sistemul electroenergetic al României, Back-to-Back, repartiția fluxurilor de putere, pierderi de putere activă.

РЕЖИМ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖСИСТЕМНОЙ СВЯЗИ С РУМЫНИЕЙ

В.М. Постолатий, В.П. Берзан

Институт энергетика Академии наук Молдовы

Реферат – В статье представлены результаты анализа режима работы энергосистемы Республики Молдова для некоторых сценариев реализации межсистемной связи с Румынией: квазисинхронной с помощью фазосдвигающего устройства на трансформаторных подстанциях Вулканешты, Бельцы и шинах МГРЭС при одновременной работе вставки постоянного тока (ВПТ) в Вулканештах, МГРЭС (ЛЭП 400 кВ) и ЛЭП 330кВ Вулканешты -Кишинэу. Было

установлено, что регулирование активной мощности на ЛЭП Бельцы-Сучава или Вулканешты-Исакеа приводят к изменениям режима как в сетях энергосистемы Молдовы, так в сетях Украины и Румынии. Установка ВПТ приводит к росту перетока по ЛЭП 330 кВ Вулканешты-Кишинев (ЛЭП 400 кВ Бельцы -Сучава исключена из расчета) до 571 МВт при изменении величины и направления перетока через ЛЭП 330 кВ из Кишинева в сторону МГРЭС, уменьшается с севера (ЛЭП 330 кВ Бельцы Днестровская ГЭС) и в ЛЭП 330 кВ (Котовск- МГРЭС). Есть серьезные изменения перетока мощности от шин МГРЭС в сторону Украины. Изменение направления и значений перетоков мощности в единой энергосистеме приводит к увеличению мощности потерь на 171 МВт (с 2961 МВт до 3132 МВт) по сравнению с базовым режимом. Асинхронная связь с Румынией приводит к изменениям потоков мощности как в электроэнергетической системе Республики Молдова, так и в сетях украинской, румынской энергосистем и влияет на режим работы МГРЭС.

Ключевые слова: межсистемная связь с Румынией, вставка постоянного тока, перетоки и потери активной мощности.

1. INTRODUCERE

Problema realizării interconexiunii sistemului electroenergetic al Republicii Moldova și a sistemului electroenergetic al României are deja o istorie destul de lungă. Atât în varianta Strategiei energetice a Republicii Moldova până în anul 2020 și în Planul de realizare [1], cât și în Strategia energetică până în anul 2030 [2] sunt formulate obiective privind construcția liniilor electrice de interconexiune cu statele vecine (Ucraina și România) și reabilitarea rețelelor electrice de transport. Din anul 2013 Ministerul Economiei al Republicii Moldova elaborează anual Strategiile Sectoriale de Cheltuieli (SSC) în domeniul energetic pe o perioadă de 3 ani [3], iar gradul de realizare ale acțiunilor stipulate în SSC se elucidează în rapoarte anuale [4].

Ca obiectiv specific privind soluționarea problemei întărirea interconexiunilor și a rețele de transport a energiei electrice pentru Republica Moldova s-au formulat în Strategia energetică 2020 pe termen mediu construirea circuitului al doilea al LEA 330 kV CHE Novodnestrovsk-Bălți, LEA-400 kV Bălți-Suceava și LEA-400 kV Strășeni-Iași, iar pe termen scurt a LEA 110 kV Fălcui-Gotești [1]. Totodată în strategie [1], pentru dirijarea forțată a fluxurilor de putere în rețeaua liniilor de transport de tensiune înaltă s-a preconizat dotarea sistemului electroenergetic cu echipament de tip FACTS-controller.

În varianta Strategiei energetice 2030 a fost formulat obiectivul strategic privind interconectarea asincronă/sincronă a rețelei moldovenești cu sistemul ENTSO-E, pentru ce s-au formulat obiectivele privind realizarea interconexiunilor cu sistemul român prin construirea: 1) LEA Suceava – Bălți; 2) LEA Strășeni – Ungheni – Iași (alternativa, Strășeni-Ungheni 330 sau 400 kV și Ungheni-Iași 400 kV). Propunerea de conectare asincronă (back-to-back) prin România cu ENTSO-E prevede o ierarhie a interconexiunilor după semnificația lor: 1) LEA 400 kV Vulcănești – Isaccea (proiect strict necesar); 2) LEA 400 kV Bălți – Suceava (proiect suplimentar, conduce la dezvoltarea secțiunii sincrone Moldova – România cu conectare asincronă și majorarea fluxului posibil de export-import-tranzit); 3) LEA 400 kV Strășeni – Iași (proiect suplimentar, conduce la formarea secțiunii sincrone complete Moldova – România cu conectare asincronă, majorarea fluxului posibil de export-import-tranzit și asigurarea condiției n-2).

Strategia energetică 2030 [2] indică și costul estimat pentru fiecare convertor de 500 MW (BtB) de cca.70 de milioane euro. Conform Memorandumului de înțelegere între ÎS „Moldelectrica” și SC „Transelectrica” (din 18.02.2011) privind construcția LEA-400 kV Bălți

(Republica Moldova) – Suceava (România), a instalației de distribuție 400 kV și a autotransformatoarelor 400/330 kV, costul implementării proiectului, fără costul BtB, s-a estimat la 66.448 milioane euro, din care părții moldave îi revine cota de 36.886 milioane euro. Pe parcurs, costul estimativ de realizare al interconexiunilor are o tendință de creștere. Astfel în [5], costul estimativ al interconexiunii de sud Isaccea (România) – Vulcănești-Chișinău și stației BtB este de 140 milioane de euro, Iași-Ungheni-Strășeni și BtB sunt estimate la 257 milioane de euro, pentru LEA Suceava-Bălți și BtB –132 milioane de euro. Deci, la jumătatea anului 2015 cheltuielile necesare estimate constituie pentru interconexiunile enumerate cca 525 milioane euro.

2. SITUAȚIA CURENTĂ PRIVIND REALIZAREA INTERCONEXIUNILOR

Prevederile Strategiei energetice pe segmentul întăririi interconexiunilor cu sistemul electroenergetic românesc sunt transpuse în SSC începând cu anul 2013, care prezintă un document de planificare strategică pe termen mediu. Astfel, în SSC 2013-2015 la subcompartimentul “Rețele electrice” s-a planificat: a) *elaborarea documentației de proiect pentru construcția liniei electrice de interconexiune LEA 400 kV Bălți-Suceava*, cu o lungime de 49 km pe teritoriul Republicii Moldova (2013-3,1 mln.euro) și b) *construcția liniei electrice de interconexiune LEA 400 kV Bălți-Suceava* (2014-15,0 mln euro, 2016-16,1 mln euro).

În SSC 2014-2016 s-a planificat: *Elaborarea unui studiu de fezabilitate pentru interconectarea sistemelor electroenergetice ale RM și Ucrainei cu ENTSO-E* (2014-2,1 mln MDL); în SSC 2015-2016 acțiunea: *Rețeaua continentală europeană de transport a energiei electrice (demararea construcției liniei electrice aeriene de 400 kV „Bălți-Suceava”)*; în SSC 2016-2018 acțiunea: *Elaborarea studiului de fezabilitate pentru interconectarea sistemelor electroenergetice ale Republicii Moldova și Ucrainei la ENTSO-E* (2015- 4,13 mln MDL) și *Executarea lucrărilor de identificare și delimitare a terenurilor proprietate publică a statului, amplasate în unitățile administrativ teritoriale, de către Î.S. “Institutul de Proiectări pentru Organizarea Teritoriului”*(2015-0,562 mln MDL, 2016 - 0,206 mln MDL).

Conform [4] în anul 2015 s-au executat lucrări privind implementarea Proiectului “*Elaborarea studiului de fezabilitate privind Interconectarea sistemelor energetice ale Republicii Moldova și Ucrainei la Comunitatea Europeană a Operatorilor de Energie Electrică (ENTSO-*

E)”, cu finanțare planificată din bugetul de stat de 42,43 mil MDL. S-au valorificat în anul 2015 cca. 36,51 mln MDL, cu extinderea termenului finalizării studiului până la 30. 09.2016.

În 2010 s-a realizat evaluarea Impactului Social și Asupra Mediului (ESIA) al Proiectului privind Interconectarea Electrică între Bălți (Moldova) și Suceava (România) cu examinarea a mai multor alternative de construire a LEA 400 kV Bălți-Suceava[6].

La 15.12.2015 s-a semnat contractul „Elaborarea studiului de fezabilitate privind interconectarea sistemelor electroenergetice ale Moldovei și României” de către I.S. Moldelectrica și ISPE (România)[7]. Finanțarea s-a preconizat în sumă de 1,1mln euro în formă de grant. Termenul de realizare a primei etape a studiului s-a desemnat pe 30 iunie 2016. În cadrul acestui proiect se preconizează studierea funcționării sistemului electroenergetic al Republicii Moldova în regim de import a energiei electrice din România, influenței importului de putere prin instalațiile BtB, a condițiilor de amplasare ale BtB, precum și selectarea tipului instalațiilor BtB. Aceste informații vor fi utile la elaborarea planurilor racordate cu politicile și regulile caracteristice în relațiile cu BERD/BEI privind procurarea utilajului și consumabilelor.

Din informația prezentată se poate constata, că actualitatea și necesitatea de realizare a interconexiunii fizice ale sistemelor electroenergetice ale Republicii Moldova și a României este conștientizată și în acest context s-a încercat de a promova aceste acțiuni, incluzându-le în SSC. Totuși, majoritatea acțiunilor incluse în SSC nu au fost realizate în perioadele planificate, suportând mereu modificări, care probabil au fost condiționate atât de factori de ordin financiar, cât și de lipsa unei viziuni consecvente privind promovarea sistemică a acestor acțiuni planificate.

Realizarea interconexiunilor cu România conduce la schimbarea topologiei sistemului electroenergetic al Republicii Moldova, și eventual, la redistribuirea fluxurilor de putere în sistemul electroenergetic național. Modificarea topologiei sistemului electroenergetic va fi eșalonată în timp din cauza costurilor ridicate privind construcția atât a noilor linii de interconexiune, cât și a instalațiilor BtB. Deci, ne așteptăm o perioadă de tranziție destul de îndelungată condiționată de modificarea topologiei sistemului electroenergetic. Din aceste considerente este necesar de avut informații ce ne elucidează particularitățile de funcționare ale sistemului electroenergetic la schimbarea capacităților de generare și import/export a energiei electrice cu Ucraina și cu România, urmare a includerii în acest proces a instalațiilor BtB.

Este natural, că regimul va fi influențat de sursele proprii de generare din țară și de nivelul de consum intern.

3. PRODUCEREA ȘI IMPORTUL DE ENERGIE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Capacitățile instalate de generare în sistemul electroenergetic al Moldovei constituie 2914 MW, inclusiv în partea dreapta a Nistrului 346 MW și partea

stângă 2568 MW, în caz că sunt excluse centralele bloc ale uzinelor de zahăr din partea dreapta (puterea instalată 98 MW) și a capacităților noi de generare din partea stângă a Nistrului cu puterea de 31 MW.

În anul 2015 consumul total a energiei electrice a constituit 5.775 mlrd kWh, inclusiv, partea dreaptă - 4,289 mlrd. kWh și partea stângă -1.486 mlrd. kWh.

Furnizările de la Centrala Electrică Raională de Stat Moldovenească (CERSM) pentru partea dreaptă a Nistrului au fost de 3.342 mlrd. kWh (77.9 % din consumul total) și din Ucraina 0.017 mlrd kWh (0.4% din consumul total).

În prezent sistemul electroenergetic al Republicii Moldova funcționează sincron cu sistemul electroenergetic al Ucrainei, care este parte componentă a sistemului unificat al țărilor CSI.

În fig.1 sunt prezentate convențional legăturile sistemului electroenergetic cu sistemul electroenergetic al Ucrainei și cu sistemul electroenergetic al României. Funcționale sunt în prezent 7 LEA330kV și 14 LEA110 kV de interconexiune cu sistemul electroenergetic al Ucrainei, 3 LEA 110 kV și o LEA 400kV a sistemelor electroenergetice a Moldovei și României. LEA 110kV Cantemir-Gotești este primită în exploatare, dar nu are legătură fizică cu porțiunea Fălcu.

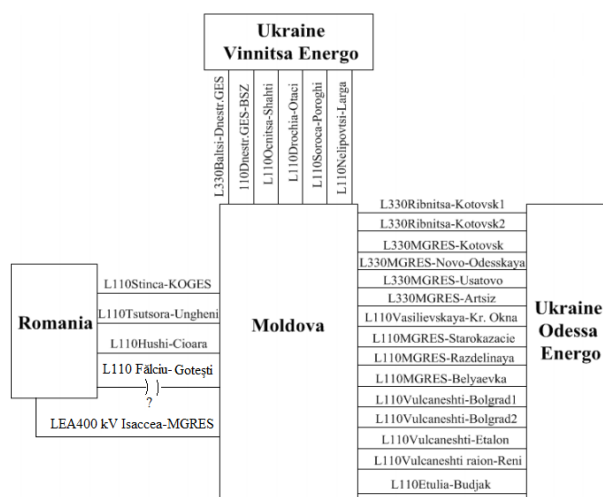


Fig. 1. Liniile electrice de interconexiune a sistemului electroenergetic al Republicii Moldova cu Sistemele electroenergetice ale Ucrainei și României

CERSM are legătură cu stația de transformare din Vulcănești prin LEA 400 kV. De la stația de transformare Vulcănești (ST Vulcănești) se alimentează consumatorii din sudul Moldovei, parțial, consumatorii din sudul Ucrainei (sistemul energetic al regiunii Odessa) prin linii LEA 110 kV. Puterea debitată de la cu ST Vulcănești 400/110 kV constituie în prezent cca. 170 MW. Porțiunea LEA400kV Vulcănești-Isaccea (România) este în stare robustă, dar în prezent este deconectată. Din 2015 sunt deconectate LEA 110 kV de interconexiune ale sistemelor energetice a Moldovei și României. Aceste interconexiuni se pot utiliza doar în regim de insula, ca și LEA 400 kV CERSM-Isaccea.

LEA 400 kV CERSM - Vulcănești este alimentată de către 2 blocuri ale CERSM cu puterea nominală de câte

200 MW. În prezent puterea injectată în această linie constituie 350 MW.

Legăturile sistemelor electroenergetice ale Moldovei se pot diviza convențional în două grupe: preponderent LEA330 kV care asigură transmiterea energiei electrice pe axa Nord-Sud și pe axa Est-Vest. În categoria direcției Nord –Sud se pot include liniile LEA 330 kV Bălți-CHE Dnestrovsk, CERSM-Novo-Odeskaia, CERSM-Usatovo, CERSM-Arțiz, CERSM-Kotovsk (Ucraina). Grupa a doua asigură transmiterea energiei în direcția Est-Vest: LEA330kV Kotovsk 1-Rîbnița, Kotovsk 2-Rîbnița și LEA400 kV CERSM-Vulcănești-Isaccea.

În cazul unui regim permanent tipic pentru perioada curentă prin LEA 330 kV, CERSM transmite spre barele stației de transformare Chișinău 330/110 kV cca. 250 MW. Energia produsă de CERSM se transmite de asemenea în sistemul electroenergetic ucrainean prin LEA 330 kV (în direcția Odesa două LEA), Arțiz și Kotovsk, precum și LEA 400 kV cu distribuție spre Ucraina din stația de transformare Vulcănești prin LEA 110 kV. Prin LEA 330 Bălți - CHE Novodnestrovsk din Ucraina se injectează în Moldova cca. puterea de 250 MW și concomitent aceiași puterea din sistemul electroenergetic al Moldovei se transmite prin barele CERSM în sistemul electroenergetic ucrainean.

Reieșind din caracteristicile curente ale regimului sistemului electroenergetic al Moldovei se poate considera, că la realizarea interconexiunii cu România prin 3 instalații BtB cu puterea instalată a fiecăreia de 500 MW se vor asigura nu numai furnizările necesare de energie în Moldova din Vest, dar și transferul de putere (tranzit) spre Ucraina.

4. PARTICULARITĂȚI ALE REGIMULUI SISTEMULUI ELECTROENERGETIC AL MOLDOVEI LA SCHIMBAREA TOPOLOGIEI

Sistemul electroenergetic al Republicii Moldova funcționează în paralel cu sistemele electroenergetice ale țărilor CSI. Regimul sistemului național depinde de regimul sistemului electroenergetic unificat. Regimul sistemului național se va modifica la interconectarea cu România. Urmare acestora, schema de calcul a regimului în sistemul electroenergetic național include și circuitele ale sistemelor energetice a mai multor zone. Schema echivalentă utilizată pentru calcularea regimului include 4 zone: sistemul electroenergetic al Republicii Moldova (notat prin nr.3), României (nr.4), Ucrainei (nr.7) și partea ce include celelalte circuite ale rețelei (nr.1). Schema echivalentă de calcul include peste 5100 de noduri, 7800 ramuri și posedă o capacitate sumară de generare de peste 122 de GW. Pentru cazul zonei nr.4 (Republica Moldova) capacitatea de generare include toate sursele ce injectează energie în rețea, amplasate pe teritoriul republicii, inclusiv, instalația BtB la amplasarea ei la Vulcănești, precum și alte date. În fig. 2 se prezintă convențional schema interacțiunii mutuale a zonelor sistemului electroenergetic unificat.

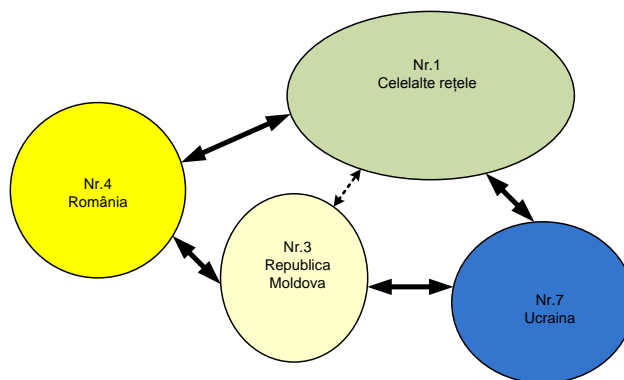


Fig.2. Prezentare grafică convențională a interacțiunii mutuale a diferitor părți componente a sistemului electroenergetic unificat

Ca structură de bază la efectuarea calculului regimului se consideră topologia sistemului electroenergetic național pentru anul 2015. La calculul regimului cu interconexiuni cu România, parametrii interconexiunilor se determină, reieșind din valorile lor nominale, considerând, că în regimul denumit “cvazisincron” interconexiunile sunt dotate cu echipamente, care pot asigura funcționarea în paralel și reglarea puterii transmise prin linii ca urmare a reglării unghiului decalajului de fază a tensiunilor intrare-ieșire a liniilor.

4.1 Regim cvazisincron

Infrastructura și caracteristicile sistemului electroenergetic se pot modifica nu numai ca urmare a dezvoltării rețelelor electrice, dar și ca urmare a schimbărilor tehnologice de transmitere a energiei electrice. În acest context este rezonabil de examinat regimurile permanente la realizarea diferitor schimbări a topologiei cu determinarea regimurilor de funcționare. Ca cea mai simplă soluție în acest context se poate examina funcționarea sincronă a sistemelor energetice a Ucrainei, Moldovei și României. Vom menționa, că sistemul electroenergetic al Ucrainei funcționează în regim sincron cu sistemele electroenergetice ale țărilor CSI, iar sistemul electroenergetic al României cu sistemul electroenergetic unificat al Uniunii Europene (ENTSO-E).

În așa formulă avem posibilitatea să considerăm, că există soluții tehnice, care pot asigura funcționarea în paralel a sistemelor electroenergetice cu diferite standarde de frecvență, de exemplu utilizarea reglatoarelor decalajului de fază de tip transformator. Astfel de soluții în prezent există și echipamentele confecționate în baza lor au posibilitatea de reglare în timp real al unghiului decalajului de fază într-o bandă oarecare sau cu reglare în timp real în diapazonul 0-360 grade electrice [8]. Prima variantă a regulatorului este destinată pentru reglarea fluxurilor de putere în interiorul sistemului electroenergetic național, iar al doilea tip pentru a asigura interconexiunea sistemelor electroenergetice, ce funcționează nesincron. Acceptând această ipoteză, vom avea posibilitatea de a calcula regimurile sistemului electroenergetic unificat (convențional), care în acest caz, considerăm că funcționează în regim sincron ca structură integră, utilizând soft-ul RASTRWin.

S-a calculat regimul pentru structura existentă a rețelelor electrice a sistemului electroenergetic republican. Întru reglarea regimurilor în interconexiunile cu România s-au examinat variantele de amplasare a instalațiilor de reglare a unghiului decalajului de fază la stația de transformare Bălți -330 kV pentru LEA 400(330) kV

Bălți-Suceava, la stația de transformare Vulcănești -400 kV pentru linia Vulcănești-Isaccea, la stația de transformare CERSM -330 kV cu linia de plecare LEA 330 kV CERSM-Chișinău. În fig. 3 se prezintă un fragment al schemei echivalente de calcul a regimului permanent.

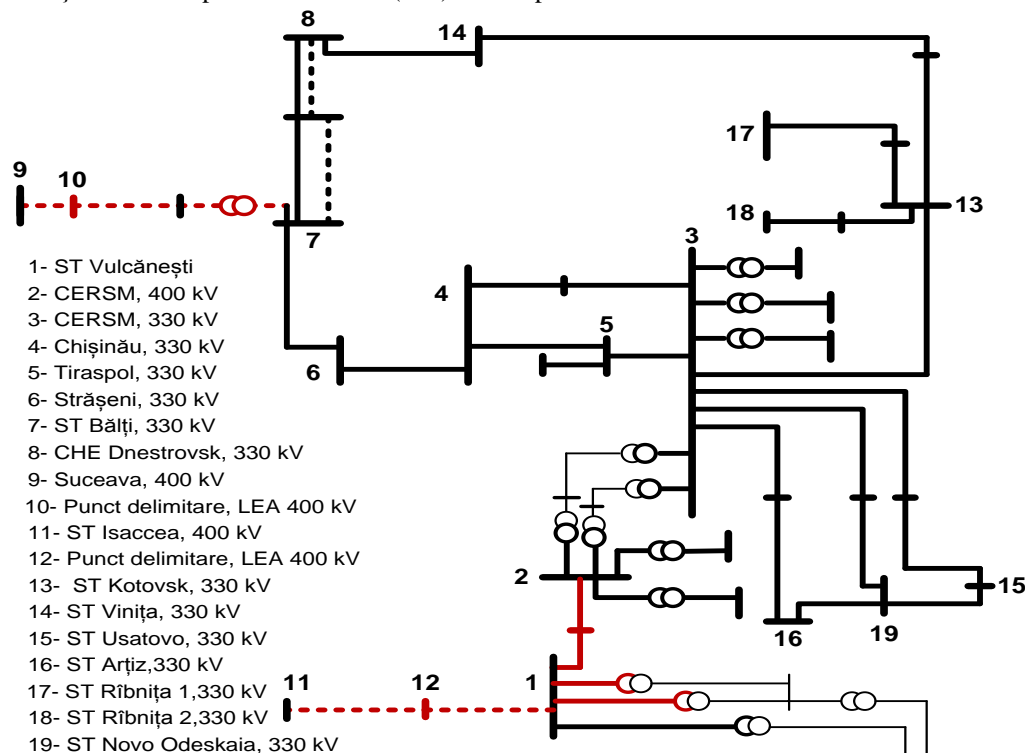


Fig. 3. Fragment al schemei de calcul a regimului permanent a sistemului electroenergetic național pentru varianta de funcționare sincronă cu România

Liniile de interconexiune cu România sunt dotate cu reglatoare a decalajului de fază cu unghiul de rotire în diapazonul $0-360^{\circ}$, iar la stația de transformare CERSM-330kV este inclus reglatorul cu diapazonul de reglare a unghiului $\pm 30^{\circ}$.

Reglatorul cu rotirea unghiului decalajului de fază asigură racordarea regimului la devierea frecvențelor în sistemele electroenergetice interconectate, deci funcționarea lor în paralel. Reglarea valorii și direcției fluxurilor de putere se realizează prin introducerea suplimentară a decalajului de fază dintre vectorii tensiunilor intrare-ieșire a liniei [8]. Vom menționa, că chiar în caz de funcționare în regim sincron a sistemelor electroenergetice ale Moldovei și României, dar fără dotarea interconexiunii Bălți-Suceava cu instalații de reglare a decalajului unghiului de fază (regimul de repartitie naturală a fluxurilor de putere), linia Bălți-Suceava se încarcă doar la nivel 115-130 MW la transmisia puterii spre Suceava. Pentru asigurarea regimului racordat de funcționare instalația cu rotire a unghiului de fază este necesar ca această instalație să asigure nu numai urmărirea unghiului de fază a sistemelor interconectate, dar să îndeplinească și funcția de reglare a decalajului de fază a tensiunilor intrare-ieșire, deci

instalațiile cu rotirea unghiului de fază realizează și funcția de reglare a fluxului de putere prin instalarea unei valori determinate a unghiului decalajului de fază a tensiunilor intrare-ieșire a liniei respective [9].

În varianta examinată a schemei de interconexiune cu sistemele electroenergetice a României și Ucrainei, instalația cu diapazonul limitat al unghiului de reglare a decalajului de fază a fost plasată la stația de transformarea CERSM 330 kV (ST CERSM) la intrarea LEA 330 kV cu dublu circuit CERSM -Tiraspol. Instalațiile cu rotirea unghiului de fază a fost plasate în LEA 400 kV (ST 330 kV Bălți) și ST 400 kV Vulcănești, pentru racordarea și reglarea fluxului de putere în LEA 400 kV Vulcănești-Isaccea și Bălți-Suceava.

Calcularea regimului s-a executat pentru condițiile următoare: reglarea unghiului decalajului de fază a instalației de la ST CERSM în limitele $\delta_{ST\ CERSM} = 0-30^{\circ}$, reglarea unghiului ST Bălți, cazul $\delta_{ST\ Bălți} = 0$, și $\delta_{ST\ Vulc.} = +10^{\circ} \div -30^{\circ}$.

În fig. 4-6 se prezintă unele rezultate ce elucidează regimul în sistemului electroenergetic național la realizarea interconexiunilor cu România și reglarea repartitiei fluxurilor de putere în liniile interne și de interconexiune.

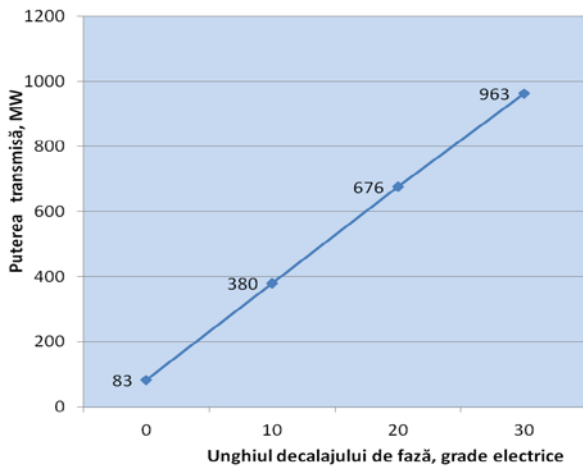


Fig. 4. Puterea transmisă prin porțiunea CERSM – Tiraspol a LEA 330 kV dublu circuit la reglarea unghiului decalajului de fază $\delta_{ST\ CERSM} = 0 - 30^\circ$ a tensiunilor intrare-ieșire

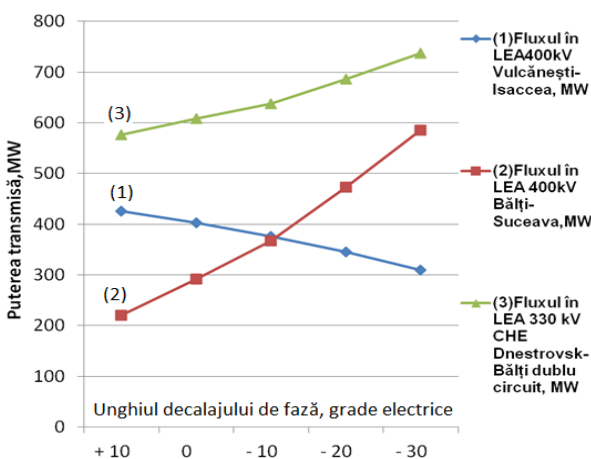


Fig. 5. Puterea transmisă prin LEA 400 kV Bălți –Suceava la reglarea unghiului $\delta_{ST\ Bălți} = +10^\circ \div -30^\circ$ și LEA 400 kV Vulcănești-Isaccea pentru cazul $\delta_{ST\ Vulc.} = -30^\circ = const.$

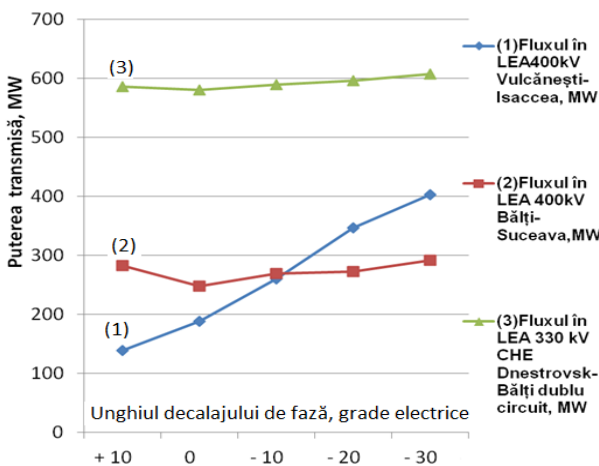


Fig. 6. Puterea transmisă prin LEA 400 kV Vulcănești-Isaccea la reglarea unghiului $\delta_{ST\ Vulc.} = +10^\circ \div -30^\circ$ și LEA 400 kV Bălți –Suceava pentru cazul $\delta_{ST\ Bălți} = 0$

Dotarea sistemului electroenergetic cu instalații de reglare a decalajului unghiului de fază a liniilor electrice permite

de a dirija cu fluxurile de putere în sistem și modificarea foarte semnificativă a acestor mărimi în funcție de unghiul decalajului de fază a tensiunilor intrare-ieșire în porțiunile examinate (fig. 4), deci de la 83 MW până la 963 MW.

Utilizarea funcției de reglare a fluxurilor de putere în liniile de interconexiune cu România are ca urmare modificarea repartiției fluxurilor de putere atât în interconexiuni, cât și în liniile electrice interne. Pentru condițiile inițiale formulate, creșterea fluxului de putere transmis prin LEA 400 kV spre Suceava conduce la micșorarea fluxului de putere transmis prin LEA 400 kV Vulcănești-Isaccea spre Isaccea (fig.5). Respectiv în cazul al doilea (fig.6) majorarea fluxului de putere transmis prin porțiunea Vulcănești-Isaccea influențează de asemenea regimul LEA 400 kV Bălți-Suceava, dar această influență este mult mai slabă în comparație cu cazul reglării fluxului de putere în linia Bălți –Suceava. Acțiunile de reglare a fluxurilor transmise prin interconexiunile cu România influențează asupra puterii, care circulă prin linia LEA 330 kV Bălți-CHE Dnestrovsk, dar această influență este mai pronunțată pentru cazul reglării forțate a fluxului prin linia Bălți–Suceava.

În calitate de particularitate pentru schema existentă de furnizare a energiei electrice (în lipsa interconexiunii cu România) se poate indica următorul fapt. CERSM, conform contractului are obligațiunea de a furniza în rețelele din partea dreapta a Nistrului cca. 500-600 MW putere. În realitate prin LEA 330 kV cu dublu circuit se transmite spre Chișinău nu mai mult de 250 MW din direcția CERSM. Restul de putere contractată vine din rețelele Ucrainei. Aceasta este o urmare, că avem un tranzit neregulat de putere prin LEA 330 kV CHE Dnestrovsk -Bălți, care atinge valoarea de 170-250 MW și prezintă în flux în contrasens cu fluxul de putere de la CERSM spre Chișinău prin LEA 330 kV. Acest fenomen are loc și în prezent, chiar dacă Republica Moldova nu are încheiat contract de import a energiei electrice din Ucraina, deci importul din sistemul electroenergetic ucrainean în acest caz ar trebui să fie egal cu zero, dacă nu avem contract încheiat.

Tranzitul neregulat de putere prin rețelele Ucrainei se poate exclude la dotarea ST 330 kV CERSM cu o instalație de reglare a unghiului decalajului de fază (fig. 4), ce ar permite încărcarea LEA 330 kV CERSM - Chișinău (cca. la nivel de 800-900 MW), prin ce s-ar compensa parțial intrarea de energie prin nordul țării, deci prin LEA 330 kV CHE Dnestrovsk-Bălți.

Analiza regimurilor prezentate mai sus corespunde unor realități curente de funcționare a sistemului electroenergetic al Republicii Moldova, care reiese din topologia existentă și pentru care sunt caracteristice direcțiile de transmisie a fluxurilor de putere de la est spre vest, iar sistemul electroenergetic al Moldovei în aceste condiții are și funcția de tranzit a energiei.

În caz de necesitate, este posibil de realizat regimul de revers al fluxurilor de putere prin liniile de interconexiune în cazul dotării lor cu echipamente de reglare a decalajului de fază de tip transformator. În acest caz unghiurile de defazaj ale echipamentelor de reglare a decalajului de fază trebuie să fie o imagine oglindă a

unghiurilor cu care se asigură transmisia puterii prin liniile de interconexiune spre sistemul energetic al României. Altă modalitate de asigurare a regimurilor tur/retur privind fluxurile de putere dintr-un sistem în alt sistem electroenergetic se poate asigura prin utilizarea tehnologiei BtB. Deci, amplasarea instalațiilor BtB (regim asincron) în aceleași noduri ale rețelelor ca și a echipamentelor de tip transformator examinate anterior, care sunt apte să regleze unghiul decalajului de fază în circuit vor asigura funcționarea în paralel a sistemelor electroenergetice a Moldovei și României.

4.2. Regimul asincron

În contextul perspectivei de realizare a interconexiunii asincrone a sistemului electroenergetic al Moldovei și României cu utilizarea instalațiilor BtB pe liniile electrice Vulcănești-Isaccea, Strășeni-Ungheni-Iași și Bălți-Suceava, prezintă interes examinarea regimului de funcționare al sistemului electroenergetic național la implementarea acestor tehnologii de interconexiune. Conform Strategiei energetice 2030 instalația BtB de la Vulcănești cu puterea de 500 MW se nominalizează în calitate de absolut necesară, pe care o putem considera în modelul nostru de calcul ca o centrală electrică proprie. În acest caz se prevede de a avea și linia electrică internă Vulcănești-Chișinău cu tensiunea 330 kV.

În fig. 7 se prezintă o porțiune a schemei echivalente de calcul a regimului la includerea BtB Vulcănești și a LEA 330 Vulcănești-Chișinău în modelul sistemului electroenergetic unificat.

În calitate de regim de funcționare a BtB s-a luat injecția de către această instalație a puterii active egală cu 500 MW. S-a considerat, că puterea reactivă generată în timpul funcționării BtB este compensată de instalația proprie de compensare a acestei puteri. În aceste condiții topologia rețelelor electrice și regimul de generare a centralelor electrice (CERSM+CET-2+CET-1+CET NORD și CHE Dubăsari + CHE Costești) s-a păstrat neschimbat, cu excluderea faptului, că în calitate de line internă în schema echivalentă s-a introdus LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău. În schema de calcul nu s-a inclus LEA 400 kV Bălți –Suceava. În fig.7 liniile electrice excluse din schema echivalentă a rețelelor sunt indicate prin linii trasate cu punctat. La includerea în schemă a BtB Vulcănești s-a considerat, că capacitatea sumară de generare în schema de calcul a crescut cu 500 MW și cu aceeași valoare s-a majorat puterea de generare în sistemul electroenergetic al Moldovei. Această putere a fost preluată din sistemul electroenergetic românesc prin ST Isaccea, deci a condus și la schimbări a regimului sistemului electroenergetic al României.

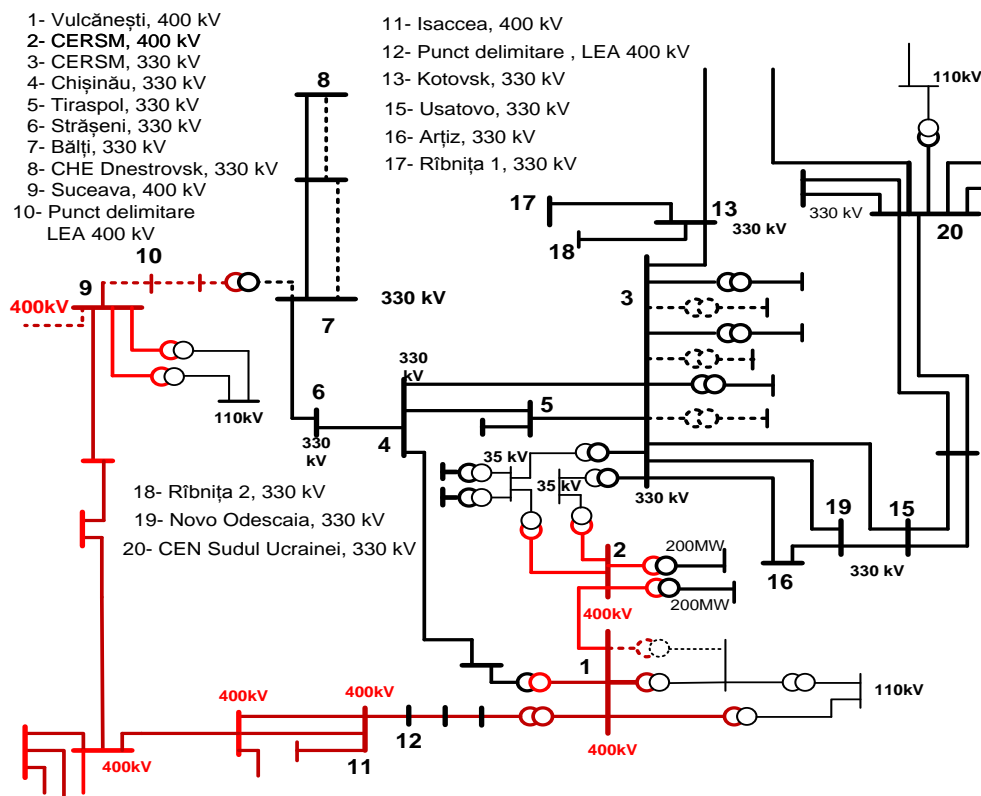


Fig. 7. Porțiune a schemei de calcul a regimului la includerea instalației BtB Vulcănești și a LEA 330 kV Vulcănești –Chișinău

În tabel 1 sunt prezentate rezultatele calcului regimului permanent al sistemului electroenergetic al Republicii Moldova, valorile indicatorilor generalizați, ce caracterizează regimul în sistemul electroenergetic unificat. În fig.8 se prezintă repartiția fluxurilor de putere

in sistemul electroenergetic al Republicii Moldova în regimul de bază și pentru regimul limită de sus al BtB la puterea de injecție de 500 MW.

Tabelul 1. Evoluția regimului de funcționare a sistemului electroenergetic al Republicii Moldova la construirea la ST Vulcănești a instalației BtB 500 MW

Caracteristica topologiei circuitului analizat și date generalizate	Fără BtB		BtB pe platforma Vulcănești	
	Puterea, MVA, MW, MVA _r	Comentarii	Puterea, MVA, MW, MVA _r	Comentarii
Caracteristici generale a schemei de calcul				
Numărul de noduri	5105		5108	
Numărul de ramuri	7811		7816	
Numărul de zone	4		4	
Moldova	Nr.3		Nr.3	
România	Nr.4		Nr.4	
Ucraina	Nr.7		Nr.7	
Cealaltă parte a rețelei	Nr.1		Nr.1	
Puterea sumară de generare ($P_{\Sigma G}$)	122052		122722	Plus 500 MW BtB Vulcănești
Sarcina sumară ($P_{\Sigma S}$)	118839		119939	
Pierderile variabile sumare ($P_{\Sigma var}$)	2961		3132	
Pierderile constante sumare ($P_{\Sigma const.}$)	251		250.04	
Generarea sumară în Moldova (P_{MG})	1127		1627	BtB se consideră ca generare proprie
Puterea sumară a sarcinii în Moldova (P_{MG})	1151		1651	
Pierderile în SEE a Moldovei (D_M)	82.3		88.16	
Import (-) și export (+) în Moldova $P_{Imp/Exp}$	-107	Din Ucraina	-113	Din Ucraina
Consum putere în Moldova ($P_{Mcons.}$)	1234		1651	
Caracteristica fluxurilor de putere în liniile electrice a SEE al Moldovei				
LEA 330-1 CERSM-Chișinău	35.1-j21.5	Spre Chișinău	188-j21	Spre CERSM
LEA330-2 CERSM-Chișinău	37-j19.6	Spre Chișinău	186-j31	Spre CERSM
LEA330 CHE Dnrstrovsk-Bălți	330+j77,6	Spre Bălți	205+j86	Spre Bălți
LEA330 Strășeni-Chișinău	125+j57.3	Spre Chișinău	86+j80.5	Spre Strășeni
LEA330 CERSM-Usatovo	117.3+j84	Spre Usatovo	239+j65	Spre Usatovo
LEA330 CERSM-Novo Odesckaia	238+j124.4	Spre N. Odesa	331+j116	Spre N. Odesa
LEA330 CERSM-Arțiz	111+j33.2	Spre Arțiz	133+j28	Spre Arțiz
LEA Kotovsk-CERSM	156+j19.6	Spre CERSM	85+j42	Spre CERSM
LEA 330-1 Kotovsk-Rîbnița	104.3+j13.2	Spre Rîbnița	78.2+j18.3	Spre Rîbnița
LEA 330-2 Kotovsk-Rîbnița	118.9+j19.2	Spre Rîbnița	118.9+j19.1	Spre Rîbnița
LEA 400 CERSM-Vulcănești	321+j3.8	Spre Vulcănești	328.5+j36.3	Spre Vulcănești
LEA 400Vulcănești-Isaccea	0	Deconectată	500+j0	Spre Vulcănești
LEA 400 Bălți-Suceava	0	Nu există	0	Nu există
LEA 330 Vulcănești-Chișinău	0	Nu există	571-j18.4	Spre Chișinău

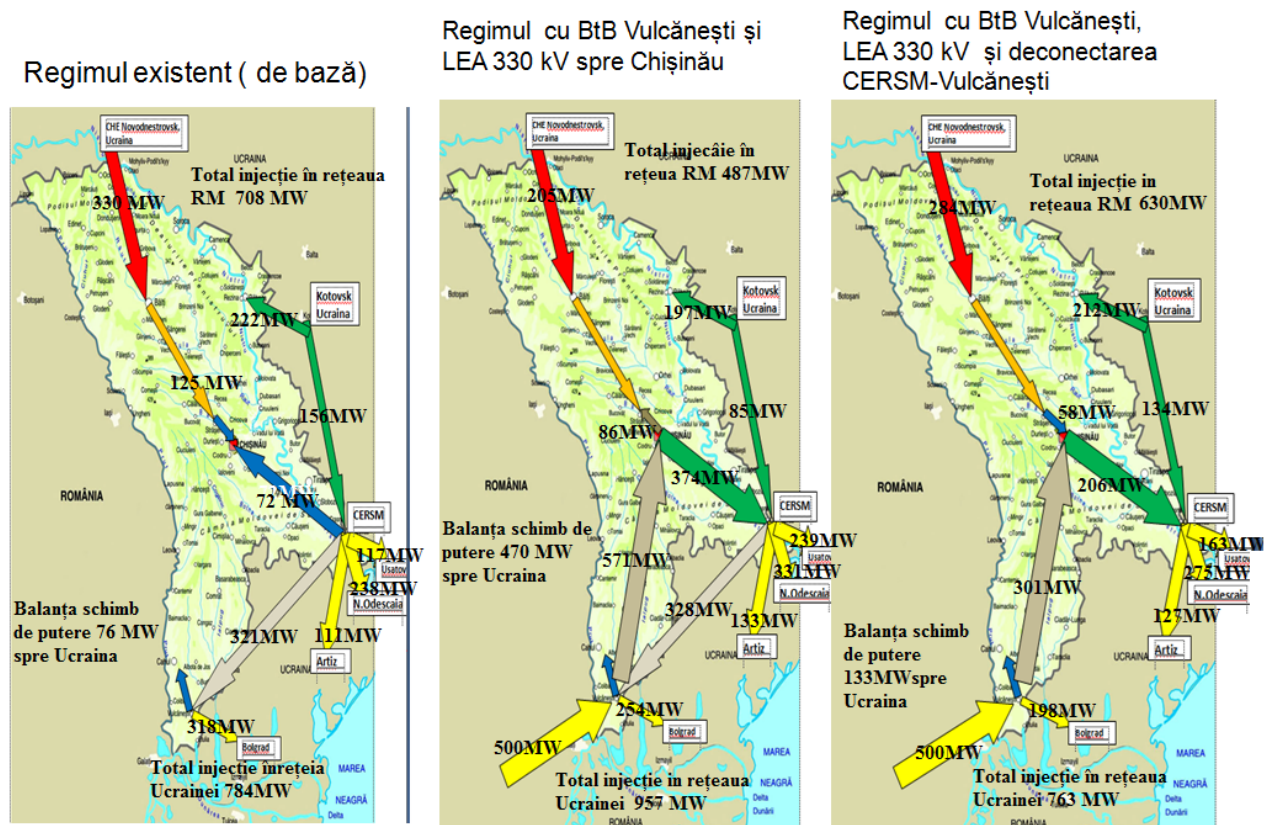


Fig.8. Direcția fluxurilor de putere pentru diferite variante a topologiei sistemului electroenergetic al Republicii Moldova în liniile de înaltă tensiune 330-400 kV

Tabelul.2. Balanța puterilor de schimb dintre sistemele electroenergetice interconectate la nivelul LEA 330/400 kV

Direcția schimb putere	Moldova-Ucraina, MW	Ucraina-Moldova, MW	Nebalanța puterii de schimb Moldova-Ucraina; MW	România-Moldova, MW	Nebalanța puterii de schimb Moldova-România; MW
Scenariul de bază	708	784	76	0	0
BtB + LEA 330kV (Vulcănești-Chișinău)+LEA400kV (CERSM-Vulcănești)	487	957	470	500	-500
BtB+LEA 330 kV (Vulcănești-Chișinău)	630	763	133	500	-500

În tabel 1 sunt incluse rezultatele calculelor regimului în sistemul electroenergetic al țării în cazul lipsei instalației BtB și la includerea ei la sfârșitul porțiunii LEA 400 kV Isaccea –Vulcănești la ST Vulcănești. În acest caz BtB prezintă un element funcțional al LEA 400 kV Isaccea – Vulcănești.

În topologia caracteristică doar pentru interconexiunea cu sistemul electroenergetic al Ucrainei LEA 330 kV CERSM-Chișinău transmite un flux de putere spre Chișinău numai cca. de 15% din valoarea puterii naturale a liniei cu dublu circuit, pe când fluxul prin LEA 330 kV CHE Dnestrovsk Bălți corespunde aproape puterii naturale a liniei cu un circuit. CERSM prin LEA 400 kV

transmite spre ST Vulcănești puterea activă de 321 MW, care acoperă sarcina consumatorilor din sudul Republicii Moldova și sarcina consumatorilor din regiunea Odessa, Ucraina prin LEA 110 kV. În tabelul 3 sunt prezentate rezultatele calculului repartiției fluxurilor de putere prin LEA 110 kV de la ST Vulcănești spre consumatorii din Moldova și Ucraina în funcție de puterea injectată de BtB de la ST Vulcănești. În tabel se prezintă și evoluția puterii active sumare distribuite consumatorilor de la barele 110 kV ale ST Vulcănești. La creșterea puterii injectate de BtB se majorează și valoarea fluxului de putere distribuit prin LEA 110 kV, dar acest flux nu este proporțional cu schimbarea puterii injectate de BtB.

Tabelul 3. Fluxurile de putere activă prin LEA 110 kV de la ST Vulcănești spre consumatorii din Ucraina și Moldova

BtB, MW	Ucraina, MW	Moldova, MW	Ucraina+Moldova, MW
0	97	74	168
100	99	86	185
200	104	99	203
300	109	110	219
400	114	123	237
500	118	134	252

Prin LEA 330 kV de la barele CERSM spre Usatovo, Novo Odescaia și Arțiz se transmite un flux de putere activă la nivel de 466 MW, iar prin LEA 330 kV Kotovsk-CERSM se transmite spre CERSM puterea activă de 156 MW. Aceasta se poate considera ca o particularitate a topologiei sistemelor energetice ale Republicii Moldova și Ucrainei, deoarece fluxul de energie are direcția spre barele CERSM, care este o sursă de generare de putere mare.

Includerea BtB la ST Vulcănești în porțiunea LEA 400 kV Isaccea-Vulcănești, cu condiția injectiei de către BtB a puterii active 500 MW și includerea în schemă a LEA 330 kV Vulcănești – Chișinău, conduce la modificarea regimului în sistemele electroenergetice ale Moldovei, României și Ucrainei. În acest caz barele ST Vulcănești sunt alimentate de două fluxuri de putere: 500 MW din partea BtB și 328 MW din partea CERSM, deci în total 828 MW. Prin LEA 330 kV Vulcănești- Chișinău se transmite puterea de 571 MW spre Chișinău și 254 MW sunt distribuiți prin LEA 110 kV consumatorilor din sudul republicii și sud-vestul Ucrainei.

Ca rezultat al acestor modificări fluxul de putere prin LEA 330 kV CERSM-Chișinău și-a schimbat nu numai valoarea, crescând până la 374 MW, dar și direcția dinspre Chișinău spre CERSM. Schimbarea totală a fluxului de putere activă în această porțiune a constituit 446 MW. Concomitent s-a micșorat fluxul de putere din Ucraina prin nordul țării de la 330 MW până la 205 MW. A crescut injectia puterii de la barele CERSM spre Ucraina Prin LEA 330 kV (Usatovo, Novo Odescaia și Arțiz) până la valoarea de 703 MW, deoarece o creștere aproape dublă a injectiei de putere în sistemul electroenergetic al Ucrainei de la barele CERSM. Concomitent, s-a micșorat valoarea fluxului de putere pe LEA 330 kV Kotovsk - CERSM de la 156 MW până la 85 MW putere activă.

Includerea în secțiunea LEA 400 kV CERSM-Isaccea a instalației BtB nu a condus practic la schimbarea valorii fluxului de putere transmisă de la CERSM pe LEA 400 kV spre barele ST Vulcănești. A avut loc o mică creștere a puterii transmise de CERSM de la 321 MW la 328 MW. Circuitul LEA 400 kV CERSM–barele ST Vulcănești – LEA 330 kV Vulcănești – Chișinău constituie o cale de transmitere a puterii CERSM până la Chișinău cu întoarcerea la barele de 330 kV a CERSM a puterii de 374 MW.

În tabelul 2 sunt prezentate date generalizate a schimbului de putere pentru segmentul liniilor de înaltă tensiune (330 și 400 kV) în regim staționar pentru scenariul de bază,

precum și la includerea BtB 500MW Vulcănești, ce asigură injectia energiei electrice din România în Moldova pentru cazurile, că LEA 400 kV CERSM-Vulcănești este conectată cu stația de transformatoare Vulcănești, precum și la deconectarea LEA 400 kV. Introducerea BtB 500 MW conduce la modificarea valorii puterii active de schimb a sistemului electroenergetic al Republicii Moldova cu sistemul electroenergetic al Ucrainei. Nebalanța schimbului de putere cu sistemul electroenergetic al Ucrainei se majorează esențial. În toate scenariile examinate la nivelul rețelei de înaltă tensiune sistemul electroenergetic al Republicii Moldova injectează o putere mai mare în rețelele Ucrainei (partea de sud) în comparare cu puterea injectată din partea de nord de Ucraina în rețelele electrice ale Republicii Moldova. Evoluția puterii de schimb pentru scenariile examinate: 76 MW (scenariul de bază), 470 MW (scenariul funcționării cu LEA 400 kV CERSM –Vulcănești), 133 MW (deconectarea LEA 400 kV CERSM-Vulcănești).

Datele din tabelul 3, doar pentru ST Vulcănești, ne indică faptul, că schimburile de putere din sistemul electroenergetic al Moldovei și Ucrainei este influențat de regimul din LEA 110 kV, iar concluziile care pot fi formulate privitor la nivelul schimbului de putere doar luând în considerare liniile de înaltă tensiune pot fi eronate. Din aceste considerente este necesar, ca modelul de calcul al regimului sistemului electroenergetic examinat să includă toate liniile de interconexiune prin care are loc circulația fluxurilor de putere.

Apariția unor nebalanțe a schimbului de putere dintre sistemele electroenergetice în lipsa contractelor de reglementare a acestui proces poate crea noi situații în relațiile cu sistemul electroenergetic al Ucrainei, care trebuie reglementate preventiv.

În topologia sistemului electroenergetic unificat cu dotarea lui cu instalația BtB și LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău pierderile de putere s-au majorat de la 2961 MW până la 3132 MW, deci având o creștere de 171 MW, sau în procente - 5,77 %.

5. CONCLUZII

1. În scenariile examinate s-a depistat o influență mutuală a sistemelor electroenergetice, ce se manifestă prin schimbarea fluxurilor de putere în rețele la schimbarea sau reglarea regimului în sistemele electroenergetice interconectate.
2. Pentru realizarea proiectului de interconectare prin instalații BtB, inclusiv la ST Vulcănești cu puterea până la 500 MW, va fi necesar de racordat aceste schimbări a infrastructurii cu operatorii sistemelor electroenergetice a Ucrainei și României, deoarece vor avea modificări ale regimului în tot sistemul unificat.
3. Pentru a echilibra regimul sistemului electroenergetic național, fără a influența regimul din sistemul ucrainean la punerea în funcțiune a BtB Vulcănești și păstrarea sarcinii sistemului național, va fi necesar posibil de micșorat puterea de generare a centralelor proprii (se referă și la CERSM) în funcție de valoarea importului din

- România prin BtB. Aceasta va conduce la necesitatea racordării capacității de generare din sistemele interconectate.
4. Au loc schimbări esențiale ale fluxului de putere activă de la barele CERSM spre Ucraina în comparație cu regimul de bază până la includerea în modelul de calcul a BtB Vulcănești și a LEA 330 kV Vulcănești-Chișinău. Schimbarea direcției de circulație și a valorilor fluxurilor de putere prin rețelele sistemului electroenergetic unificat au ca urmare majorarea cu 171 MW (de la 2961 MW până la 3132 MW) a pierderilor de putere activă în acest sistem unificat de calcul în comparație cu regimul de bază.
 5. La determinarea regimurilor optime de funcționare în paralel ale sistemelor electroenergetice interconectate România-Republica Moldova-Ucraina se consideră rezonabil de realizat investigații atât ce se referă la regimurile de funcționare, cât și cele ce se referă la aspectele economice, deci, realizarea interconectării are un caracter complex tehnic-economică.
 6. Se consideră rezonabil și argumentat, ca în rezultatul realizării interconectării s-ă nu se majoreze tariful pentru consumatorul final din Republica Moldova.

BIBLIOGRAFIA

- [1] HOTĂRÎRE Nr.958 din 21.08.2007 cu privire la Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2020. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&id=325108>
- [2] HOTĂRÎRE Nr.102 din 05.02.2013 cu privire la Strategia energetică a Republicii Moldova până în anul 2030. <http://lex.justice.md/md/346670/>
- [3] Strategii de cheltuieli în domeniul energetic: 2013 – 2015, 2014-2016, 2015-2017, 2016-2018. <http://www.mec.gov.md/ro/content/strategii-de-cheltuieli-domeniul-energetic>
- [4] Raport privind implementarea SSC în domeniul energetic pentru 2013 și 2015. <http://www.mec.gov.md/ro/content/strategii-de-cheltuieli-domeniul-energetic>.

- [5] Cinci proiecte care vor consolida securitatea energetică a Moldovei. <http://capital.market.md/ro/content/cinci-proiecte-care-vor-consolida-securitatea-energetica-moldovei?page=5>
- [6] REZUMAT NETEHNIC. Raport privind EVALUAREA IMPACTULUI SOCIAL și ASUPRA MEDIULUI. Proiectul privind interconectarea electrică între Bălți (Moldova) și Suceava (România). <http://www.transelectrica.ro/>, <http://www.moldeletrica.md/>, <http://ebrd.com/>.
- [7] A fost semnat contractul pentru studiul de fezabilitate privind interconectarea sistemelor electroenergetice ale Republicii Moldova și României. <http://mec.gov.md>.
- [8] КАЛИНИН, Л.П.; ГОЛУБ, И.В.; ЗАЙЦЕВ, Д.А.; ТЫРШУ, М.С. Моделирование характеристик двухтрансформаторного фазорегулирующего устройства. *Problemele energeticii regionale*. 2014, 24 (1), 51-62. ISSN 1857-0070
- [9] Постолатий В.М. Научная школа в области управляемых электропередач. Этапы исследований и библиография. Монография. Кишинев, типография АНМ, 2012.- 196 с. ISBN 978-9975-62-318-6



Postolati Vitalie. Academician, doctor habilitat în tehnică, șef laborator al IE AȘM. Domeniul de interes științific: linii electrice dirijate cu autocompensare, linii electrice compacte, echipamente și utilaje modern de reglare a regimurilor sistemelor electroenergetice, securitatea energetică. Autor a 250 de publicații științifice, 30 brevete de invenție, inclusive a 21 patente publicate peste hotarele țării.



Berzan V. Doctor habilitat în tehnică, director adjunct pe probleme de știință al IE AȘM. Domeniul de interes științific: energetică, procese staționare și tranzitorii în circuite electrice, modelarea matematică, surse regenerabile de energie, diagnoza echipamentului energetic. Redactor principal al revistei "Problemele energeticii regionale". Autor a peste 230 publicații științifice, inclusive 12 monografii 3 manuale 30 brevete de invenție.