

Monitorizarea consumurilor energetice în procesele tehnologice inovative de producere a biostimulatorilor vegetali



Ioana DIACONESCU*, Roxana PĂTRAȘCU**,
Eduard MINCIUC***, Diana ANGHELACHE****

* Ioana Diaconescu este Conferențiar dr. ing., Departamentul de Științe Inginerești și Management, FIAB, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați; E-mail: idiaconescu@ugal.ro



** Roxana Pătrașcu este Profesor dr. ing., Departamentul Producere și Utilizare a Energiei, Facultatea de Energetică, Universitatea Politehnică București; E-mail: op3003@yahoo.com



*** Eduard Minciuc este Conferențiar dr. ing., Departamentul Producere și Utilizare a Energiei, Facultatea de Energetică, Universitatea Politehnică București; E-mail: eduard.minciuc@energ.pub.ro



**** Diana Anghelache este Șef lucrări dr. ing., Departamentul de Științe Inginerești și Management, FIAB, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați; E-mail: danghelache@ugal.ro

Managementul energiei are ca obiectiv general valorificarea optimă a resurselor energetice, aferente procesului analizat. Managementul energiei și scopul său final, ameliorarea eficienței energetice, presupun aplicarea sistematică și cu consecvență a unor tehnici și a unor proceduri dezvoltate și perfecționate pe parcursul ultimilor ani. În lucrare, autorii au prezentat două metode de măsurare/monitorizare a fluxurilor energetice, una teoretică și una bazată pe măsurători directe. În urma analizei, s-a constatat că diferența dintre aceste două metode este foarte mică, eroarea fiind de 0,3%. În cazul particular al instalației experimentale de producere a biostimulatorilor vegetali, măsurile organizatorice și în special cele tehnice, care pot conduce la economisirea energiei, sunt realizate practic prin intermediul implementării unei soluții de automatizare a procesului tehnologic.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, management energetic, audit energetic, monitorizare fluxuri energetice.

1. Aspecte generale privind aplicarea managementului energiei

Managementul energiei are ca obiectiv general valorificarea optimă a resurselor energetice, aferente procesului analizat. Implementarea în practică a conceptelor și a procedurilor de management al energiei, indiferent de sectorul economic în care este aplicat, este în primul rând atractivă sub aspect economico-financiar. Reducerea facturii energetice, aferente utilităților unei organizații, în condițiile în care efectul său util și deci și încasările rămân neschimbate, asigură majorarea beneficiului și dobândirea unei poziții mai puternice pe piața de profil.

Managementul energiei și scopul său final, ameliorarea eficienței energetice, presupun aplicarea sistematică și cu consecvență a unor tehnici și a unor proceduri dezvoltate și perfecționate pe parcursul ultimilor ani.

Demararea implementării procedurilor de management energetic debutează cu evaluarea energetică inițială a conturului de referință. După precizarea situației inițiale și a caracteristicilor generale ale activității desfășurate în interiorul conturului analizat, se trece la întocmirea inițială a unui audit energetic preliminar și, ulterior, a auditului propriu-zis. Astfel este posibilă:

- stabilirea naturii și a ordinului de mărime al consumului pentru fiecare dintre tipurile de purtători de energie;
- constatarea existenței sau inexistenței unei eventuale relații între volumul și structura activității prestate și, respectiv, mărimea și structura facturii energetice;
- obținerea unuia sau mai multor indicatori sintetici globali pe baza cărora organizația primește un calificativ referitor la eficiența cu care utilizează energia.

Evaluarea globală a eficienței energetice a organizației analizate prin aplicarea auditului preliminar nu permite stabilirea unor măsuri sau soluții concrete prin care se poate corecta sau îmbunătăți situația existentă. Cu ocazia analizei interne și a întocmirii auditului energetic propriu-zis, se pot detecta deficiențele legate de funcționarea sistemului de monitorizare (lipsa sau precizia insuficientă a unor aparate de măsură, lipsa unor informații privind anumite consumuri de energie, imperfecțiuni apărute la transferul datelor), de modul în care sunt întocmite contractele cu furnizorii externi de energie etc.

Aplicarea corectă a procedurilor de management al energiei la consumator implică cunoașterea în profunzime a specificului activității desfășurate în conturul dat, monitorizarea fiecăruia dintre fluxurile de purtători de energie intrate și respectiv ieșite din contur, precum și stabilirea legăturilor între acestea [1]. În final, este posibilă stabilirea unor măsuri și acțiuni care au ca scop îmbunătățirea eficienței utilizării energiei în interiorul conturului respectiv (figura 1).

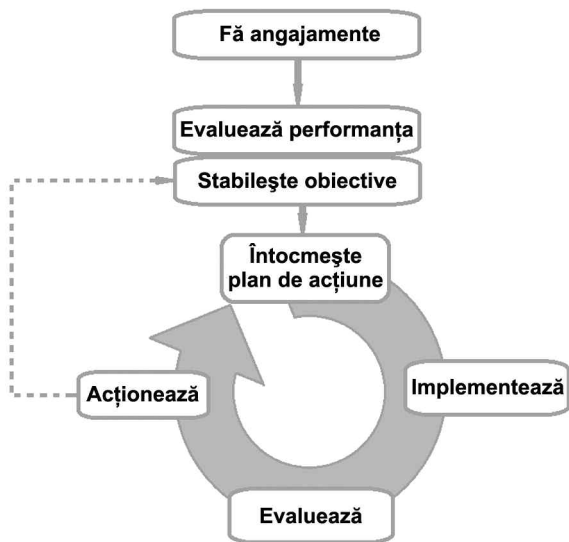


Figura 1. Procedura de implementare a managementului energetic

2. Prezentarea liniei tehnologice de obținere a biostimulatorilor vegetali

Ciclul tehnologic este format dintr-o succesiune de etape metodologice și se desfășoară pe o perioadă de două săptămâni. Fluxul tehnologic de producere a biostimulatorilor vegetali cuprinde:

E1: alimentarea depozitului de materiale cu deșeuri

organice (biomasă), în principal sub formă de paie și frunze;

E2: transportul biomasei din depozit la instalația experimentală;

E3: cântărirea și transportul biomasei, pe o bandă transportoare, la tocător;

E4: tocarea deșeurilor organice la dimensiuni convenabile;

E5: transportarea compostului (tocăturii) într-un bazin de amestec;

E6: amestecul tocăturii cu apă rece (20% din cantitatea totală de apă) și aer, în urma amestecului rezultând compost cu umiditate ridicată;

E7: adăugarea de microorganisme lignocelulozolitice, uniformizarea și biodegradarea prin amestec a amestecului rezultat, timp de o săptămână;

E8: adăugarea de extracte de plante medicinale și umplerea bazinului cu apă fierbinte (80% din cantitatea totală de apă) în vederea umidificării amestecului la valoarea impusă de tehnologie, având ca rezultat compostul final, care se amestecă periodic, în vederea omogenizării și biodegradării, timp de încă o săptămână;

E9: evacuarea compostului;

E10: separarea prin presare a părții lichide (biostimulator) de partea solidă.

E11: biostimulatorul se pompează într-un bazin de evacuare;

E12: biostimulatorul vegetal este pompat spre o stație de îmbuteliere în recipiente de plastic;

E13: partea solidă a compostului se evacuează fiind folosită ca substrat solid pentru vase de vegetație și culturi hidroponice sau se însăcuiește și se livrează spre sere sub formă de substrat organic solid, folosit pentru creșterea fertilității solului prin îmbogățire cu materie organică.

Consumurile energetice aferente fluxului tehnologic pentru producerea de biostimulatori vegetali, prezentat anterior, pentru un ciclu complet, au fost determinate pe modelul funcțional de platforma de biodegradare proiectată și realizată în cadrul proiectului BIOSIM.

Repartiția consumului de energie pe etapele tehnologice de producere a biostimulatorului [2], din cadrul instalației experimentale sunt sintetizate în tabelul 1.

3. Determinarea consumurilor energetice prin metoda coeficientului de cerere

În cazul unui singur fel de energie intrat în conturul de bilanț și al unui singur produs principal, definiția consumului efectiv de energie este simplă și ușor de aplicat. Dacă din activitatea prestată în conturul dat ies două sau mai multe produse principale, cum este cazul proiectului BIOSIM, repartizarea consumului efectiv de energie între acestea trebuie să se facă după un anumit criteriu sau pornind de la o anumită ipoteză, în funcție de specificul activității.

Situația se complică de asemenea și în cazul în care în conturul dat intră mai multe forme de energie. Valoarea energetică a fiecăreia fiind în general diferită, ele nu pot fi adunate. În această situație, conținutul efectiv de energie al fiecăruia dintre fluxurile intrate trebuie echivalat cu un singur fel de energie. În cazul

Tabelul 1. Repartiția consumului de energie pe etape tehnologice de producere a biostimulatorului

Etapa tehnologică	Echipament tehnologic	Acționare	Tip de energie consumată	Timp de funcționare
E1(*)	Autovehicul rutier	Motor termic	Mecanică (obținută prin ardere de combustibil fosil)	-
E2	Motostivuitor	Motor termic	Mecanică (obținută prin ardere de combustibil fosil)	0,2 ore
E3	Bandă transportoare	Motor asincron P = 2,2 kW	Electrică	1 oră
E4	Tocător	Motor asincron P = 15 kW	Electrică	1 oră
E5	Ciclone	Motor asincron (tocător)	Electrică	1 oră
E6(**)	Centrală termică (Boiler)	P = 55kW	Termică (ardere de gaz metan)	2 ore
E8	Pompă de apă (alimentare boiler)	Motor asincron P = 1,1 kW	Electrică	2 ore
E7	Amestecător compost	Motor asincron P = 1,1 kW	Electrică	(1 oră /zi)
E8	Raclor de evacuare	Motor asincron P = 0.44 kW	Electrică	14 ore
E9	Elevator cu cupe	Motor asincron P = 1,1 kW	Electrică	1 oră
E10	Presă melc (cu șnec)	Motor asincron P = 3,6 kW	Electrică	1 oră
E11	Pompă bazin de evacuare	Motor asincron P = 1,2 kW	Electrică	0,5 ore
E12	Stație îmbuteliere	Motor asincron P = 1,2 kW	Electrică	2 ore
E13	Însăcuiitor	Manuală	-	-

(*) alimentarea depozitului cu deșuri organice este o operație îndeplinită de membrii cooperatori

(**) alimentarea cu apă rece se face direct din rețea

instalației experimentale a proiectului, energia echivalentă este energie primară exprimată în kWh.

Dacă se cunoaște puterea cerută și timpul de utilizare a puterii, energia activă pe ciclul de funcționare se obține din [3]:

$$W = P_c \cdot T \quad [J] \quad (1)$$

Puterea cerută a unei categorii de receptoare se obține înmulțind coeficientul de cerere cu puterea instalată a categoriei respective de receptoare. Exemplu: pentru categoria k de receptoare, care are n_k receptoare, puterea cerută este:

$$P_{C_k} = k_{C_k} \cdot \sum_{j=1}^{n_k} P_{i_j} \quad [W] \quad (2)$$

Puterea cerută a consumatorului complex format dintr-un număr de „ m ” categorii de receptoare, rezultă:

$$P_C = \sum_{k=1}^m P_{C_k} \quad [W] \quad (3)$$

Coeficientul de cerere se definește, teoretic, ca produs între coeficientul de maxim al puterii active și coeficientul de utilizare a puterii instalate, adică:

$$k_C = k_m \cdot k_n \quad (4)$$

În practica exploatarea consumatorilor s-a constatat, însă, că pentru un număr mic de receptoare (până la aprox. 50 de receptoare) care formează consumatorul complex, utilizarea valorilor coeficientului de cerere determinate experimental, în mod statistic, pentru un număr foarte mare de receptoare conduce la erori în

determinarea puterii cerute.

Pentru un număr redus de receptoare, coeficientul de cerere trebuie corectat cu ajutorul unui coeficient de influență, k_a , ale cărui valori se determină din curba de variație a coeficientului de influență în funcție de numărul „ n ” de receptoare care compun consumatorul (figura 2) [4].

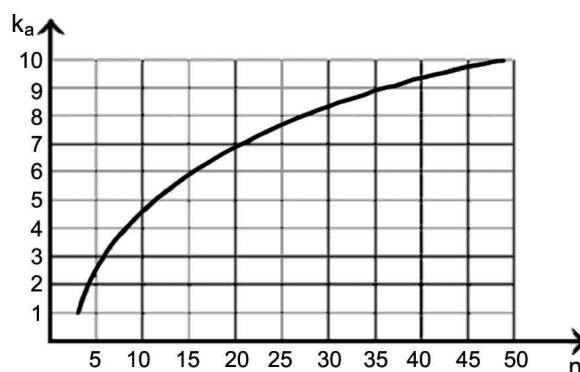


Figura 2. Determinarea coeficientului de influență

În tabelul 2 sunt prezentați coeficienții de utilizare a puterii instalate și coeficienții de cerere. Pe baza acestora, a relațiilor (1-4) și a figurii 2, se calculează energia consumată pe un ciclu de funcționare [5].

Astfel, se determină atât consumurile de energie pe fiecare consumator în parte, cât și consumul energetic total al instalației experimentale (tabelul 3).

Tabelul 2. Coeficienți de utilizare a puterii instalate și coeficienți de cerere

Grupa de receptoare	k_m	k_c	$\cos\varphi_c$
Mașini – unelte cu regim de lucru normal pentru producție de serie mică	0,14	0,16	0,5
Mașini – unelte cu regim de lucru normal pentru producție de serie mare	0,16	0,20	0,6
Mașini – unelte cu regim de lucru greu (prese de ștanțat, prese cu excentric, strunguri, mașini de danturat, freze mari etc.)	0,7	0,25	0,65
Mașini – unelte cu regim foarte greu (acționare ciocane, mașini de forjat, mașini de trefilat, malaxoare etc.)	0,2÷0,24	0,35÷0,4	0,65
Ventilatoare – exhaustoare	0,4÷0,65	0,65÷0,7	0,8
Pompe, compresoare	0,7	0,85	0,85
Macarale, poduri rulante cu DA = 0,40	0,1	0,2	0,5
Macarale, poduri rulante cu DA = 0,25	0,05	0,1	0,5
Elevatoare, transportoare, benzi rulante	0,4÷0,55	0,5÷0,65	0,75
Transformatoare de sudură	0,3÷0,35	0,35	0,35÷0,4
Grupuri de sudură motor generator:			
- cu un post	0,3	0,35	0,6
- cu mai multe posturi	0,5	0,7	0,7
Mașini pentru sudare continuă	0,25	0,35	0,7
Mașini pentru sudare prin puncte	0,35	0,6	0,6
Cuptoare cu rezistoare, aparate de încălzit	0,75÷0,8	0,8	0,95
Cuptoare de inducție de joasă frecvență	0,7	0,8	0,35
Iluminat interior cu lămpi fluorescente	1	0,85	0,5

Tabelul 3. Energia totală consumată pe zile, pe un ciclu tehnologic de producere a biostimulatorului vegetal

Nr. zilei	Consumator														Energie [kWh]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Motostivuator	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1
Bandă transportoare	2,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,18
Tocător	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2
Suflantă (Ciclone)	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,5
Centrală termică	-	-	-	-	-	-	-	98	-	-	-	-	-	-	98
Pompă CT	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Amestecător	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	14,84
Raclor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	0,42
Elevator cu cupe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05	1,05
Presă melc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,55	3,55
Pompă bazin de evacurare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6
Stație îmbuteliere	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,37	2,37
Energie [kWh]	23,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	101,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	9,05	144,81

4. Determinarea experimentală a consumurilor energetice în cadrul fluxului tehnologic de obținere a biostimulatorilor vegetali prin metoda măsurării directe

Monitorizarea consumurilor de energie pe vectori energetici: combustibili, energie electrică și termică, frig, aer comprimat, nu constă doar în simpla măsurare sau înregistrare a cantităților de energie, ci și urmărirea și înregistrarea parametrilor de livrare în scopul verificării calității. Concepția sistemului de monitorizare (măsură,

achiziție, transmitere, stocare și prelucrare centralizată a datelor) trebuie adaptată atât necesităților controlului facturării, cât și analizei periodice (ciclice) a evoluției consumului de energie în raport cu principalii factori de influență. De asemenea, în paralel cu monitorizarea consumului de energie trebuie făcută o analiză a diferitelor perturbații (armonici, nesimetrii, flickere etc.) introduse de consumatorii monitorizați în timpul funcționării, perturbații care pot influența calitatea energiei electrice a rețelei la care aceștia sunt conectați. Problemele de calitate a energiei electrice au făcut și fac obiectul unor reglementări – pe plan internațional și în România – care, pe baza unor analize statistice a efec-

telor perturbațiilor, au stabilit limite admisibile ale acestora, cu referire la armonici, nesimetrii, flicker [6]. Monitorizarea indicatorilor de calitate îi va permite consumatorului să stabilească sursa de perturbație și să asigure încadrarea perturbațiilor în limite normate.

Deteriorarea indicatorilor de calitate ai energiei poate fi evitată prin monitorizare continuă și măsuri luate în timp real. Multe organizații subestimează impactul deteriorării calității energiei, care privit în termeni de timp de nefuncționare neplanificat, producție pierdută, date pierdute și defectare prematură a echipamentelor, poate fi semnificativ. Problemele conduc și la facturi de electricitate mari și chiar la penalități pentru „poluarea” rețelei de furnizare a energiei.

Consumatorii de putere cu probleme interne de calitate a energiei care „poluează” rețeaua de furnizare a energiei afectează ceilalți consumatori de energie conectați la rețea. Acest fenomen este sancționat prin amenzi, care duc la creșterea valorii facturii de energie.

Determinarea experimentală a consumurilor energetice în cadrul fluxului tehnologic de obținere a biostimulatorilor vegetali, prin metoda măsurării directe, precum

și monitorizarea calității energiei electrice, se realizează cu ajutorul unui sistem portabil de achiziție de date și cu soft adecvat prelucrării acestor date pe PC. Este vorba de un „Analizor de energie Chauvin Arnoux C.A 8336”. Montarea acestui tip de echipament nu este fixă, astfel încât, după decuplarea rețelei, aparatul se poate monta în orice punct de măsură prin intermediul unor bucle reglabile. În situația măsurării directe, energia termică consumată într-un ciclu de funcționare a instalației pilot BIOSTIM se determină prin măsurarea consumului de combustibil cu un contor de gaz de tip BK G4MT, a cărei putere calorică este cunoscută.

În situația măsurării directe a energiei electrice consumate, modulul de măsură permite obținerea unor informații complete asupra consumului de putere și energie electrică, dar și despre eventualele perturbații introduse în rețea de către consumatorii analizați (calitatea energiei).

Analizorul a fost setat pe modul 1 (figura 3), mărimile monitorizate fiind: tensiunile de fază, tensiunile de linie, curenții de fază și de linie, puterile active și reactive, energiile active și reactive, factorul de putere, armonici.

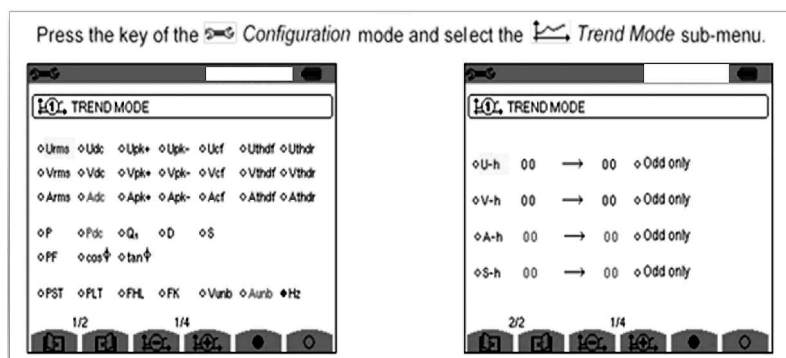


Figura 3. Configurația modului de măsură și analiză

Tabelul 4. Energia totală măsurată direct, pe durata unui ciclu tehnologic de producere a biostimulatorului vegetal

Nr. zilei	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Energie [kWh]
Consumator															
Motostivuitoar	5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1
Bandă transportoare	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15
Tocător	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Suflantă (Ciclone)	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,8
Centrala termică	-	-	-	-	-	-	-	98	-	-	-	-	-	-	98
Pompă CT	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Amestecator	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	15,12
Raclor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,45
Elevator cu cupe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,07	1,07
Presă melc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,58	3,58
Pompă bazin de evacurare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,6
Stație îmbuteliere	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,38	2,38
Energie [kWh]	23,13	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	101,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	9,16	145,25

În tabelul 4 sunt prezentate rezultatele înregistrate prin măsurarea directă a pe durata unui ciclu tehnologic de producere a biostimulatorului vegetal.

5. Rezultate obținute și interpretarea lor

În urma procesului de monitorizare a consumului de energie total pe un ciclu tehnologic complet de producere a biostimulatorului vegetal s-au înregistrat valorile instantanee ale mărimilor caracteristice, perioada de

incrementare aleasă a fost de 2 secunde, iar graficele rezultate au formele din figura 4.

Energia electrică măsurată în kWh este suma măsurătorilor de putere făcute la perioada de timp de 2 secunde. Valorile sumative ale consumului de energie măsurat se găsesc în tabelul 4, pentru toți consumatorii de energie ce aparțin conturului de bilanț al instalației experimentale de producere a biostimulatorilor vegetali.

Din analiza graficelor din figura 5 se observă că, pe perioada unui ciclu tehnologic, perturbațiile introduse de consumatorii electrice proprii instalației nu influențează

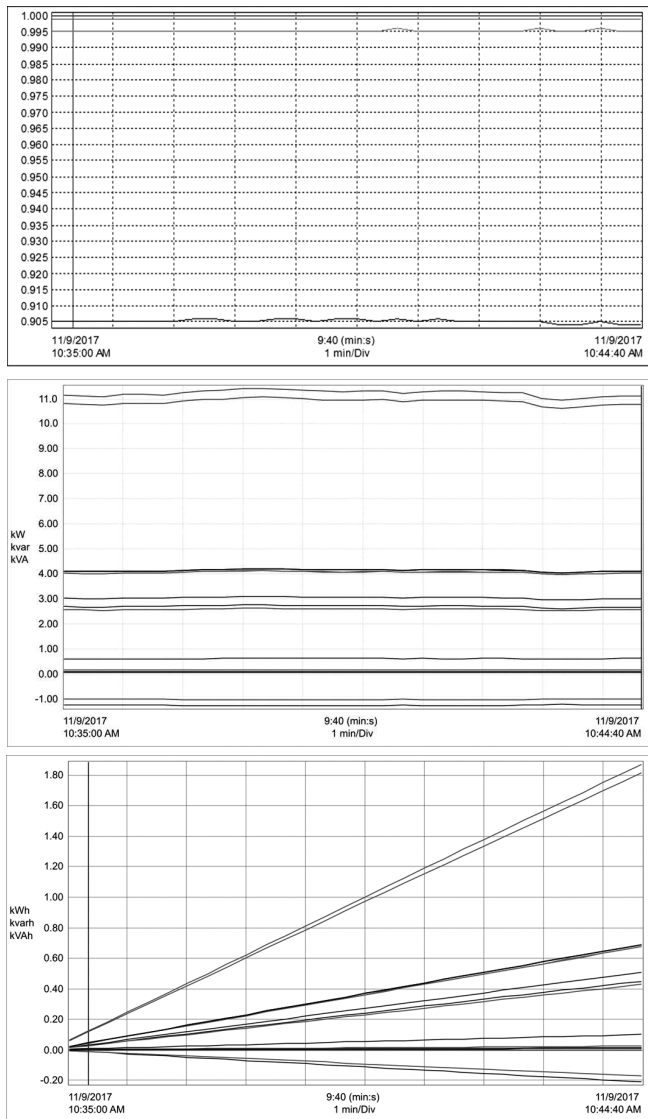


Figura 4. Analiza consumului de energie și a factorului de putere

calitatea energiei din rețea.

Valorile consumurilor de energie înregistrate prin măsurători directe, cu ajutorul analizorului de energie Chauvin Arnoux, se pot compara cu cele determinate prin metoda factorului de cerere.

Prin compararea valorilor măsurate direct în cadrul liniei tehnologice experimentale de obținere a biostimulatorilor cu valori calculate prin metoda factorului de cerere se constată că eroarea dintre cele două seturi de valori este de 0,3%, ceea ce validează procedura de lucru pentru monitorizarea energiei consumate în conturul de referință, precum și modul de utilizare a analizorului de energie Chauvin Arnoux, cât și ambele seturi de valori calculate/măsurate, ale energiei.

6. Concluzii

În general, măsurile și acțiunile la care se poate recurge în vederea economisirii energiei și reducerii cheltuielilor cu energia într-un contur dat pot fi: organizatorice, tehnice și economice.

Măsurile organizatorice constau în planificarea și eșalonarea activităților în vederea evitării mersului în gol și altor tipuri de consumuri inutile, încărcării optime a utilajelor, aplatizării curbei de sarcină etc.

Măsurile tehnice presupun adaptarea, modificarea sau înlocuirea procedurilor și utilajelor existente cu altele mai performante în vederea reducerii consumului specific de energie, modificarea concepției de alimentare cu energie a conturului dat și a modului de distribuție a energiei în interior etc.

Măsurile de natură economică constau în alegerea celui mai convenabil tarif și a celui mai convenabil contract de furnizare pentru fiecare formă de energie cumpărată din exterior, în dimensionarea optimă a stocurilor interne de combustibil etc. Indiferent de categoria din care face parte, fiecare măsură propusă trebuie să fie însoțită de o evaluare economică.



Figura 5. Analiza perturbațiilor sistemului

În cazul particular al instalației experimentale de producere a biostimulatorilor vegetali, măsurile organizatorice și în special cele tehnice, care pot conduce la economisirea energiei sunt realizate practic prin intermediul implementării unei soluții de automatizare a procesului tehnologic.

În cazul în care organizația a implementat un sistem de monitorizare și evaluare continuă a eficienței energetice tip M&T (monitoring and targeting), auditul energetic devine un instrument aplicat periodic (pe schimb, zilnic, săptămânal, pe fiecare lot etc.), frecvența și conținutul raportului periodic fiind specifice fiecărui caz în parte. Raportul periodic este un mijloc important de menținere în atenția personalului și a conducerii orga-

nizației a preocupării pentru creșterea eficienței energetice și a cerințelor care decurg din ea. El fundamentează fiecare decizie, având ca scop creșterea eficienței energetice în interiorul conturului analizat.

Acknowledgment

This paper is a result of the research which is developing into the project BIOSTIM – Research on obtaining vegetal bio-stimulants from agricultural post-harvest waste and medicinal plants, to increase the quality of agricultural and horticultural products – PN-III-P2-2.1-PTE-2016-0073 (<http://biostim2016.wixsite.com/english>).

Bibliografie

- [1] C. Beggs (2009), *Energy management, supply and conservation*, Butterworth Heinemann.
- [2] Charles A.S. Hall, Cutler J. Cleveland, Robert Kaufmann (1988), Energy and Resource Quality, The Ecology of the Economic Process Energy in World Economy, *Land Economics*, vol. 64, no. 3, 1988, pp. 311-313, DOI: 10.2307/3146254.
- [3] Leonida Brânduș Stănoiu (2017), Un exemplu generic de analiză energetică conform cerințelor standardului ISO 50001, *Calitatea-acces la succes*, vol. 18, nr. 156.
- [4] Roxana Pătrașcu, Eduard Minciuc (2015), Energy Management for Industrial Processes, *Quality-Access to Success*, Vol. 16, Nr. 149, pp. 88-92.
- [5] David Valeriu (2009), *Măsurări electrice I*, curs, Universitatea Tehnică Gh. Asachi, Facultatea de Electrotehnică, București.
- [6] Dasheng Lee, Chin-Chi Cheng (2016), Energy savings by energy management systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, pp. 760-777, DOI10.1016/j.rser.2015.11.067.

Reproduced with permission of copyright owner. Further reproduction prohibited without permission.