

# STUDIUL ȘI ANALIZA INDICATORILOR DE CALITATE A ENERGIEI ELECTRICE LA ÎNTREPRINDERI DIN REPUBLICA MOLDOVA

Stepan GONDOBESCU  
Conducător științific – conf., dr. Victor POGORA

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** Sunt prezentate și analizate rezultatele măsurărilor indicatorilor de calitate a energiei electrice la compania „Rusnac-MoldAqua” SRL și la Centrala Telefonică Automată digitală nr.51 („Moldtelecom” SA). Măsurările au arătat că la ambele întreprinderi se înregistrează un nivel majorat de armonici superioare, datorat funcționării echipamentelor electronice. La compania „Rusnac-MoldAqua” SRL mai are loc un consum considerabil de putere reactivă, determinat de funcționarea unui număr mare de motoare asincrone care antrenează compresoarele. Sunt propuse măsuri de ameliorare a calității energiei electrice la întreprinderile examinate.

**Cuvinte cheie:** calitatea energiei electrice, compatibilitate electromagnetică, armonici, putere reactivă.

## 1 Introducere

Calitatea energiei electrice vehiculate în rețelele electrice de transport și distribuție și furnizată consumatorilor este unul dintre factorii importanți care determină eficiența economică atât a rețelelor, cât și a consumatorilor. În același timp, calitatea energiei electrice, spre deosebire de calitatea altor produse, depinde nu numai de furnizor, ci și de toți consumatorii racordați în această rețea de alimentare. Unii dintre acești consumatori pot determina influențe perturbatorii în rețeaua furnizorului, care afectează funcționarea altor consumatori racordați la aceeași rețea.

Din aceste considerente menținerea în permanență a unui anumit nivel al calității energiei electrice într-un nod energetic necesită o colaborare continuă a furnizorului de energie electrică (cu responsabilități privind calitatea tensiunii la bornele de alimentare) cu consumatorii de energie electrică (potențiale surse de perturbații) pentru a obține în punctul comun de racord indicatori de calitate care se încadrează în limitele impuse de standarde.

Este evident, că în această situație se cere o monitorizare în permanență a indicatorilor de calitate în nodurile de racord care permite consumatorului a stabili dacă sursa de perturbare este din afara întreprinderii sau proprie acesteia, adică dacă este responsabil furnizorul, care trebuie să asigure încadrarea perturbațiilor în limitele normate [1], sau instalațiile consumatorului trebuie îmbunătățite.

Informațiile obținute pot sta la baza deciziilor privind îmbunătățirea parametrilor de calitate a energiei electrice pe barele de alimentare și limitarea perturbațiilor determinate de consumator până la limitele acceptate.

În lucrare sunt prezentate și analizate rezultatele măsurărilor indicatorilor de calitate a energiei electrice la două întreprinderi din Republica Moldova – „Rusnac-MoldAqua” SRL și „Moldtelecom” SA. Specificul acestor întreprinderi în aspectul consumului de energie electrică constă în aceea, că la prima din ele sunt utilizate multe compresoare, antrenate de motoare asincrone, unele dintre care sunt echipate cu convertoare de frecvență, iar la a doua întreprindere se utilizează la scară largă echipamente electronice.

## 2 Analiza calității energiei electrice la întreprinderea „Rusnac-MoldAqua” SRL

Domeniul de activitate al întreprinderii – producerea apei minerale naturale și a băuturilor răcoritoare. Puterea instalată – 2700 kW. Consumul anual mediu de energie constituie: activă – 3.800.000 kWh, reactivă – 2.132.412 kvar. Întreprinderea este alimentată de la sistem prin două LEA 10 kV, dintre care una este de rezervă. Alimentarea cu energiei electrice a consumatorilor întreprinderii este efectuată de la două posturi de transformare – PT 34 (cu două transformatoare 1000 kVA funcționând în paralel) și PT 606 (cu un transformator 630 kVA). Principalii receptori ai întreprinderii sunt compresoarele, antrenate de motoare asincrone cu o putere sumară instalată de 1.485 kW (1×250; 1×150; 3×125; 2×100; 6×75; 1×60).

Pentru analiza calității energiei electrice au fost efectuate în jur de 45 de măsurări cu utilizarea analizorului de energie electrică AR5-L (Spania) recunoscut ca model de către Institutul Național de Standardizare și Metrologie din Republica Moldova prin certificatul nr.0132U din 31.03.10.

Rezultatele măsurărilor consumurilor și indicatorilor de calitate a energiei electrice la instalațiile de distribuție 0,4 kV ale posturilor de transformare PT 34 și PT 606 sunt prezente în tabelele 1 și 2.

Au fost măsurate valorile minime, maxime și medii ale tensiunii; valorile curentului și a puterilor activă, reactivă și aparentă în regim de pornire, funcționare în gol și în sarcină; înregistrate curbele de variație a mărimilor menționate anterior; determinați coeficienții de distorsiune a curbelor de tensiune și curent și nivelul armonicilor de tensiune și de curent de rang  $n$ .

Tabelul 1 – Rezultatele înregistrărilor la PT 34

PT Nr.34, 2xTM 1000/10																							
Nr. panoului	Utilaj conectat	U, V			I, A			P, kW			Q, kVAr			S, kVA			cos φ	Coeficient de distorsiune					
		Max	Min	Med	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru		THD(U)%	THD(I)%				
ШО-70 Nr.2	Secția de bare PT Nr. 34, TR nr. 1-1000 kVA			224						871,0			549,0			230,0			579,0	0,92	2,3	6,5	
ШО-70 Nr.6	Secția de bare PT Nr. 34, TR nr. 2-1000 kVA			227						925,0			583,0			200,0			617,0	0,92	2,1	4,2	
ШО-70 Nr.1	Bloc 3, secția nr. 2	232	228	230	14,7		11,7	8,6			6,4	2,4		0,8	10,1			7,5	0,79				
	Frigider, secția nr.2	232	228	230	39,0	22,0	36,0	22,4	13,6	21,8	12,6	7,1	11,7	26,8	15,5	24,8			0,88				
	Etichetarea, secția nr.2	231	227	224	5,6	1,5	5,0	3,4	0,8	3,0	0,4	0,3	0,1	3,8	1,0	3,1			0,87				
	Tunel termic	240	220	238	109,5	105,0	105,5	78,6	74,9	75,9	2,7	1,9	1,9	78,6	75,9	75,9			0,99	1,4			1,7
	Saturator, secția nr.2	235	223	230	70,0	14,6	47,4	34,0	7,1	29,4	34,5	6,6	14,4	48,0	15,9	32,8			0,79				
	Suflantă, secția nr.2	240	223	237	142,4	41,6	115,0	101,0	29,1	79,3	13,5	3,8	4,5	101,8	29,9	79,8			0,98	1,8			11,6
ШО-70 Nr.3	Secția de compresoare nr.1, et. 2, Иверсис 100-3	231	224	228			60,0	148,0			34,6	90,7		7,3	21,5			40,9	99,8	0,90	2,2	38,2	
	Secția de compresoare nr.1, et. 2, DVK 150-4	228	215	222	505,0	165,0	214,0	136,0	91,0	128,0	301,0	67,0	67,0	329,0	107,0	141,0			0,88	1,9			2,9
	Secția de compresoare nr.1, et. 2, DVK 100-1	232	224	229	266,0	86,0	118,0	66,0	50,0	71,0	165,0	29,0	34,0	179,0	58,0	79,0			0,89	2,9			7,1
	Secția de compresoare nr.1, et. 2, DVK 60-2	231	220	227	208,0	36,0	61,0	61,0	14,0	33,0	128,0	18,0	20,0	139,0	24,0	40,0			0,82	2,3			4,4
ШО-70 Nr.4	Secția de compresoare nr.1, et. 1, DVB 75-3	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4
	Secția nr. 4, secția de cupajare nr.2	227	220	223	5,3	5,1	5,2	2,3	2,1	2,2	2,6	2,4	2,5	3,6	3,3	3,5			0,65				
	Secția de compresoare nr.1, et. 1, DVB 75-1	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4
	Secția de compresoare nr.1, et. 1, DVB 75-2	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4
ШО-70 Nr.5	PD "Krones 2", secția nr. 3	231	224	227			90,5				52,3			35,0					62,8	0,85	2,9	14	
	Frigider "Анграп"	233	225	229	118,0	67,0	108,0	70,0	38,0	63,0	41,6	22,8	38,5	81,4	45,8	76,3			0,84				
	Secția nr. 1	232	228	230			87,6				58,3			16,2		60,5			0,96	2,5			11
ШО-70 Nr.7	Secția de pregătire a apei	226	218	222			176,0				82,0			18,0		118,0			0,96	3,2			34,1
	Secția de compresoare nr.2, DVK 150-3, Иверсис 125	230	219	225		70,0	190,0		42,5	115,4		10,0	31,5		50,0	125,7			0,91	3,4			32
	Secția de compresoare nr.2, et. 2, DVK 125-2	224	215	220	395,0	44,0	157,0	104,0	19,5	96,0	232,0	20,0	40,5	254,0	30,0	104,0			0,90	3,1			5,4
	Secția de compresoare nr.2, et. 2, DVK 125-1	224	215	220	395,0	44,0	157,0	104,0	19,5	96,0	232,0	20,0	40,5	254,0	30,0	104,0			0,90	3,1			5,4
ШО-70 Nr.8	Secția nr. 3, Suflantă E1	237	227	231		85,0	183,3		56,8	126,0		3,4	4,5		60,0	128,0			0,65	1,9			9,1
	PD "Krones 1"	231	228	229			74,5			47,2			6,2		51,7				0,90	3,5			38,9
	Secția nr. 3, Saturator	231	226	222			58,0			31,2			24,8		39,4				0,79	2			5,4
	Secția nr. 3, Sobă termică E6	233	226	230		36,2	178,4		25,0	124,5		35,0	39,3		25,3	124,7			0,99	1,7			1,6
ШО-70 Nr.9	Secția de compresoare nr.2, et. 1, DVB 75-3	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4
	Secția nr. 4	229	223	226			19,2			10,1			7,7		12,8				0,80				
	Secția de compresoare nr.2, et. 1, DVB 75-2	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4
	Secția de compresoare nr.2, et. 1, DVB 75-1	228	220	224	202,0	85,0	87,0	51,0	50,0	50,0	125,0	27,0	28,0	134,0	57,0	58,0			0,89	1,8			4,4

Tabelul 2 – Rezultatele înregistrărilor la PT 606

PT Nr.606, TM 630/10																						
Utilaj conectat	U, V			I, A			P, kW			Q, kVAr			S, kVA			cos φ	Coeficient de distorsiune					
	Max	Min	Med	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru	Start	f.g.	lucru		THD(U)%	THD(I)%				
Secția de bare PT Nr.606, TR 630 kVA			223			680,0			394,0			220,0			445,0			0,82				
Depozit de palet	228	220	224			14,5			8,2			2,3			9,7			0,85	1,7			5,8
Secția de compresoare nr. 3	232	217	224	660	110	370	165	32	216	400	73	130	432	82	255			0,54	1,9			12,4
Panou de distribuție a liniei 3,4,6 litri	231	222	227			140			90,5			31,5			94,7			0,91	1,8			6,9
PD Hotel	229	221	225			67,9			29,6			36,3			45,2			0,57	2,3			5,1
Depozit "Letto"	230	226	221			16			7,8			2,5			11,2							
Depozit de apă	230	223	216			3,3			1,4			1,7			2,2			0,62	2,2			17,6
Garaj	216	214	210	94,4		40,8	37,6		17,8	12,0		6,2	59,6		26,3			0,66	2,2			3,3

Analiza rezultatelor măsurărilor a arătat următoarele:

- motoarele asincrone ale compresoarelor determină un consum considerabil de putere reactivă;
- la pornirea motoarelor compresoarelor cu puteri considerabile se înregistrează curenți mari de pornire, cu excepția compresoarelor Иверсис 100 și Иверсис 125, motoarele cărora sunt echipate cu convertoare de frecvență. La pornirea acestor compresoare șocuri de curent nu au loc;
- coeficienții de distorsiune a curbelor de tensiune și curent în circuitele de alimentare a următorilor consumatori: compresoarele Иверсис 100, Иверсис 125; secția de pregătire a apei; liniile de producere KRONES 1, KRONES 2 au valori ridicate, datorate funcționării convertoarelor de frecvență cu care sunt echipate motoarele asincrone care acționează receptoarele din componența acestor consumatori (tab. 1, fig.1,2).

Rezultând din cele menționate mai sus, în scopul ameliorării calității energiei electrice, este rațional de a realiza următoarele:

- compensarea mixtă a puterii reactive cu baterii de condensatoare: individuală la compresoarele de puteri mai mari și centralizată la secțiile de bare de alimentare;
- conectarea unor filtre active pentru reducerea nivelurilor armonicilor superioare.

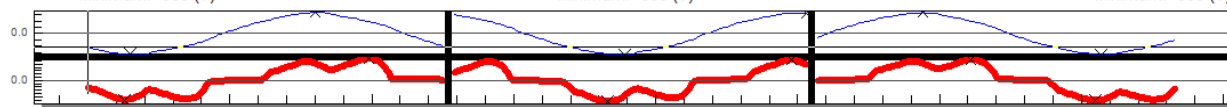
### WAVE FORM (INVER125\_3.STD)

19.04.2012 15:52:35

Vn F1: 228 (V)  
THD: 3.3 %  
Maximum: 336 (V)  
Minimum: -333 (V)

Vn F2: 227 (V)  
THD: 3.5 %  
Maximum: 332 (V)  
Minimum: -336 (V)

Vn F3: 228 (V)  
THD: 3.5 %  
Maximum: 334 (V)  
Minimum: -336 (V)



In F1: 151.435 (A)  
THD: 31.7 %  
Maximum: 272.520 (A)  
Minimum: -246.200 (A)

In F2: 181.764 (A)  
THD: 33.6 %  
Maximum: 311.400 (A)  
Minimum: -318.280 (A)

In F3: 189.400 (A)  
THD: 28.4 %  
Maximum: 308.480 (A)  
Minimum: -304.240 (A)

Act: -214 (V)

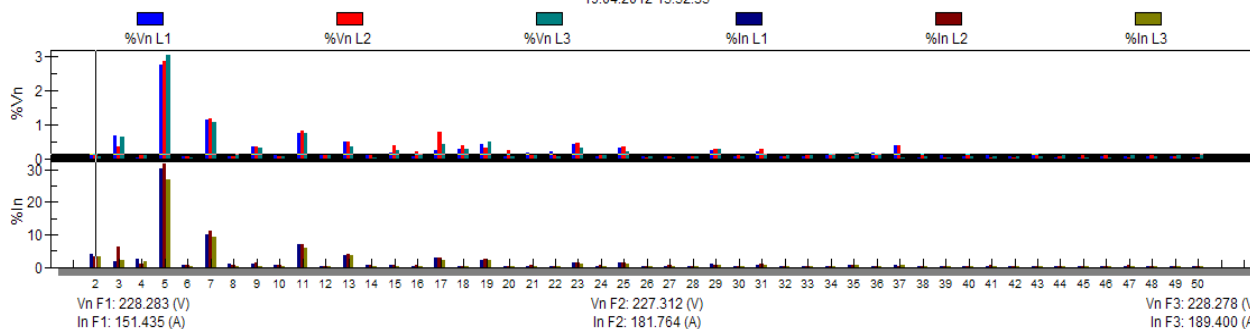
Maximum: 336 (V)

Minimum: -333 (V)

Fig. 1– Curbele de variație a tensiunii și curentului la barele de alimentare a compresorului Иверсис 125, echipat cu convertor de frecvență, și coeficienții de distorsiune a formei acestora

### HARMONICS (INVER125\_3.STD)

19.04.2012 15:52:35



Act: 2  
Act: 0.133 (%Vn)

Selected Variable: %Vn L1  
From: 2  
Maximum: 2.749 (%Vn)

To: 50  
Minimum: 0.008 (%Vn)

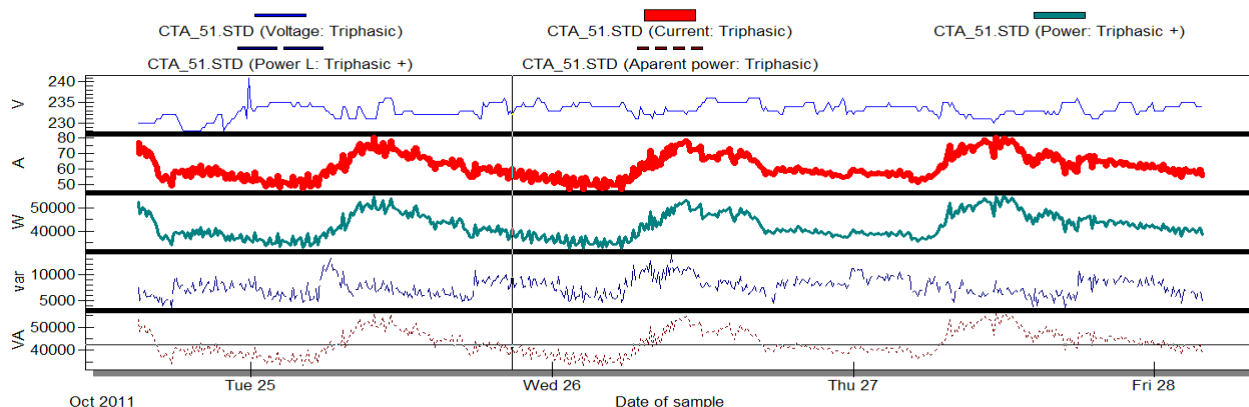
Fig. 2– Nivelul armonicilor de ordin superior la compresorul Иверсис 125

### 3 Analiza calității energiei electrice la Centrala Telefonică Automată (CTA) digitală nr. 51 a companiei “Moldtelecom”SA

“Moldtelecom”SA este Operatorul Național de Telecomunicații din Republica Moldova care are în proprietatea sa peste 38 centrale telefonice echipate, în fond, cu aparataj digital. Aceste centrale prezintă surse de poluare armonică.

În scopul analizei calității energiei electrice au fost realizate măsurări la centrala CTA nr. 51. Curbele de variație a tensiunii, curentului și a puterilor activă, reactivă, aparentă la barele de alimentare a CTA nr. 51, obținute cu utilizarea analizorului AR5-L, sunt prezentate în fig. 3.

#### MULTIGRAPHIC



Act: 25.10.2011 20:50:00  
Act: 42501 (VA)

Selected Variable: CTA\_51.STD (Aparent power: Triphasic)  
From: 24.10.2011 15:01:14  
Maximum: 56041 (VA)

To: 28.10.2011 03:50:00  
Minimum: 32917 (VA)

Fig. 3– Curbele de variație a tensiunii, curentului și a puterilor activă, reactivă, aparentă la barele de alimentare a CTA-51

