

INFORMATION PACKAGE FOR ELECTRICITY QUALITY CONTROL IN TYPE MODUL OF ELECTRICITY DISTRIBUTION GRIDS⁵

Mag. eng. Tsvetan Tr. Naumov

PhD student at the Department of Electrical Power and Electrical Equipment,
Ruse university "Angel Kanchev".

Tel.: 0887 792 395

E-mail: cvetan.naumov@cez.bg

***Abstract:** Information package for electricity quality control in type modul of the electricity distribution grids has been synthesized. The package contains matrices for: phase voltages, phase currents, phase active powers, total harmonic distortion of phase voltages, phase currents and phase reactive powers. Through the given matrices other matrices for phase full powers, power factor, effective phase voltages and harmonics electricity are created. The results are used for further development of the active systems for control and management of the quality of the electricity.*

***Keywords:** electricity grids, higher harmonics, monitoring*

ВЪВЕДЕНИЕ

Независимо от научното ниво на изследванията на висшите хармоници (Ivanov, Kr., Velev, G., & Naumov, Ts., 2015; Arrilaga, Dzh., & Bredli, D., 1990; Zhezhelenko, I., 2000) през последните десетилетия осигуряването на качеството на електрическата енергия в електроразпределителните мрежи е изключително затруднено. Потвърждение за това са резултатите, получавани при изследване на действащите мрежи и обекти (Ivanov, Kr., Velev, G., & Naumov, Ts., 2015; Marton, S., 2013). Особено актуален е проблемът по изграждането на действащи системи за контрол и баланс на хармониците. Синтезиран е (Naumov Tsv., 2018) типов модул, на базата на който да се структурират и изградят системите за оценка и контрол за качеството и висшите хармоници в условията на електроразпределителните мрежи в страната. Моделът е за извод 20 kV, захранван от трансформатор 110/20 kV и включва пет нива, разпределени както следва: страна 110 kV- трансформатор Тр 110/20,10 kV- страна 20,10 kV- електропровод 20,10 kV- страна 20,10 kV- трансформатор 20,10/0,4 kV- страна 0,4 kV- изводи и мрежа 0,4 kV, кабелни касети и входни електрически табла към тях - консуматори (Фиг.1а). Настоящото изследване цели обосноваването на съдържанието на информационният пакет, на базата на който да се развие цялостната система за контрол качеството на електрическата енергия в електроразпределителните мрежи.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Информационните и управляващи матрици на модула се формират, като се изхожда от схемата на Фиг.1с и информационните потоци, свързани с изходните условия за съставянето на балансовия модел на модула (БММ).

Матрици ($m_{111} \div m_{DFj}$). Данните за матриците ВХ се генерират на всеки 10 min. Те носят информация за генерираните от електропотребителите и абонатите висши хармоници (ВХ). Типът и размерността им се определя от формите, чрез които се регистрира информацията от анализаторите. Прието е анализаторите, след свързването им към даден обект, да осъществяват едноседмичен запис. За да се осъществят нужните пресмятания, касаещи анализа на данните от висшите хармоници, то данните от анализатора се трансформират в съответните персонални матрици. Това са: матрица за фазовите напрежения $UL(m_{UL1} \div m_{UL3})$ - Таблица 1; матрица за фазовите токове $IL(m_{IL1} \div m_{IL3})$ – Таблица 2; матрица за фазовите

⁵ Докладът е представен на сесия на секция „Електротехника, електроника и автоматика на 26 октомври 2018 с оригинално заглавие на български език: МОДУЛЕН ИНФОРМАЦИОНЕН ПАКЕТ ЗА КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА ЕНЕРГИЯ В РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ МРЕЖИ

активни мощности $PL(m_{PL1} \div m_{PL3})$ – Таблица 3; матрица за фазовите реактивни мощности $QL(m_{QL1} \div m_{QL3})$ – Таблица 4, матрица за общите коефициенти на хармонични изкривявания за фазовите напрежения $THDU L(m_{THDU L} \div m_{THDU L})$ – Таблица 5; матрица за общите коефициенти на хармонични изкривявания на фазовите токове $THDIL(m_{IL1} \div m_{IL3})$ – Таблица 6.

Таблица 1. Матрица за фазовите напрежения $UL(m_{UL1} \div m_{UL3})$

| № | min | 1 ден | | | 2 ден | | | ... | 7 ден | | |
|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | UL1 | UL2 | UL3 | UL1 | UL2 | UL3 | | UL1 | UL2 | UL3 |
| 1 | 00:10 | ul1 ₁₋₁ | ul2 ₁₋₁ | ul3 ₁₋₁ | ul1 ₂₋₁ | ul2 ₂₋₁ | ul3 ₂₋₁ | ... | ul1 ₇₋₁ | ul2 ₇₋₁ | ul3 ₇₋₁ |
| 2 | 00:20 | ul1 ₁₋₂ | ul2 ₁₋₂ | ul3 ₁₋₂ | ul1 ₂₋₂ | ul2 ₂₋₂ | ul3 ₂₋₂ | ... | ul1 ₇₋₂ | ul2 ₇₋₂ | ul3 ₇₋₂ |
| | | | | | | | | ... | | | |
| 144 | 00:00 | ul1 ₁₋₁₄₄ | ul2 ₁₋₁₄₄ | ul3 ₁₋₁₄₄ | ul1 ₂₋₁₄₄ | ul2 ₂₋₁₄₄ | ul3 ₂₋₁₄₄ | ... | ul1 ₇₋₁₄₄ | ul2 ₇₋₁₄₄ | ul3 ₇₋₁₄₄ |

Таблица 2. Матрица за фазовите токове $IL(m_{IL1} \div m_{IL3})$

| № | min | 1 ден | | | 2 ден |  |  | ..... | 7 ден | | |
|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | IL1 | IL2 | IL3 | IL1 | IL2 | IL3 | | IL1 | IL2 | IL3 |
| 1 | 00:10 | il1 ₁₋₁ | il2 ₁₋₁ | il3 ₁₋₁ | il1 ₂₋₁ | il2 ₂₋₁ | il3 ₂₋₁ | ..... | il1 ₇₋₁ | il2 ₇₋₁ | il3 ₇₋₁ |
| 2 | 00:20 | il1 ₁₋₂ | il2 ₁₋₂ | il3 ₁₋₂ | il1 ₂₋₂ | il2 ₂₋₂ | il3 ₂₋₂ | ..... | il1 ₇₋₂ | il2 ₇₋₂ | il3 ₇₋₂ |
| | | | | | | | | | | | |
| 144 | 00:00 | il1 ₁₋₁₄₄ | il2 ₁₋₁₄₄ | il3 ₁₋₁₄₄ | il1 ₂₋₁₄₄ | il2 ₂₋₁₄₄ | il3 ₂₋₁₄₄ | ..... | il1 ₇₋₁₄₄ | il2 ₇₋₁₄₄ | il3 ₇₋₁₄₄ |

Таблица 3. Матрица за фазовите активни мощности $PL(m_{PL1} \div m_{PL3})$

| № | min | 1 ден | | | 2 ден | | | ... | 7 ден | | |
|-----|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | PL1 | PL2 | PL3 | PL1 | PL2 | PL3 | | PL1 | PL2 | PL3 |
| 1 | 10 | pl1 ₁₋₁ | pl2 ₁₋₁ | pl3 ₁₋₁ | pl1 ₂₋₁ | pl2 ₂₋₁ | pl3 ₂₋₁ | ... | pl1 ₇₋₁ | pl2 ₇₋₁ | pl3 ₇₋₁ |
| 2 | 20 | pl1 ₁₋₂ | pl2 ₁₋₂ | pl3 ₁₋₂ | pl1 ₂₋₂ | pl2 ₂₋₂ | pl3 ₂₋₂ | ... | pl1 ₇₋₂ | pl2 ₇₋₂ | pl3 ₇₋₂ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 144 | 00 | pl1 ₁₋₁₄₄ | pl2 ₁₋₁₄₄ | pl3 ₁₋₁₄₄ | pl1 ₂₋₁₄₄ | pl2 ₂₋₁₄₄ | pl3 ₂₋₁₄₄ | ... | pl1 ₇₋₁₄₄ | pl2 ₇₋₁₄₄ | pl3 ₇₋₁₄₄ |

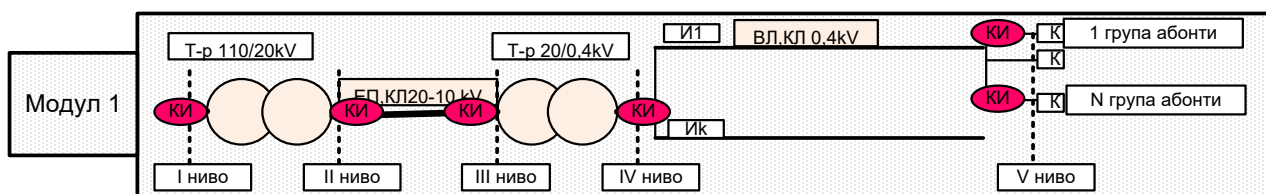
След умножаване на матриците за фазовите напрежения (Таблица 1) и за фазовите токове (Таблица 2) $(UL(m_{UL1} \div m_{UL3}) \times IL(m_{IL1} \div m_{IL3}))$ се получава матрицата на пълните мощности, показани в Таблица 4.

Таблица 4. Матрица за фазовите пълни мощности $SL(m_{SL1} \div m_{SL3})$

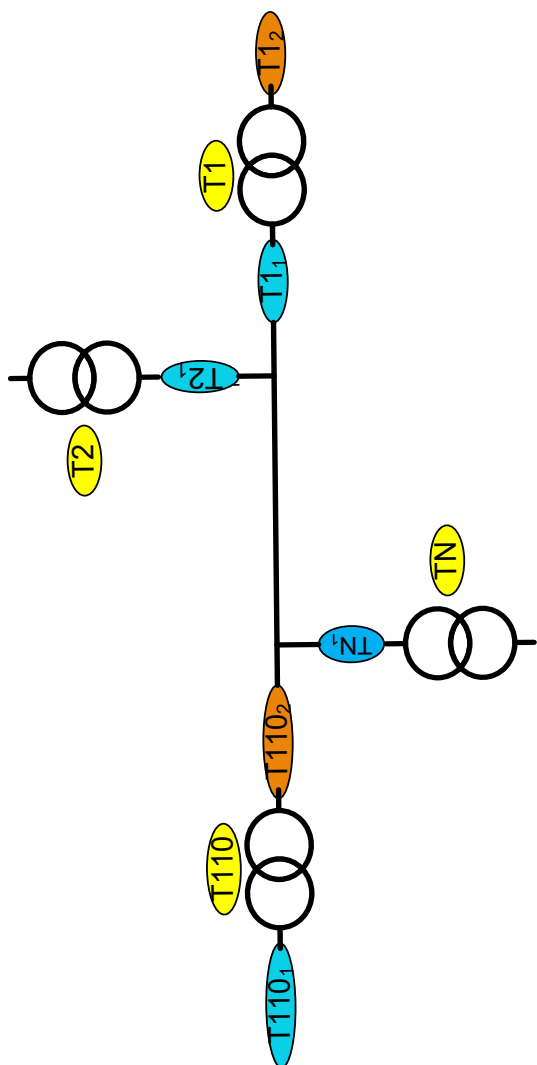
| № | min | 1 ден | | | 2 ден |  |  | ..... | 7 ден | | |
|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | SL1 | SL2 | SL3 | PSL1 | SL2 | SL3 | | SL1 | SL2 | SL3 |
| 1 | 00:10 | sl1 ₁₋₁ | sl2 ₁₋₁ | sl3 ₁₋₁ | sl1 ₂₋₁ | sl2 ₂₋₁ | sl3 ₂₋₁ | ..... | sl1 ₇₋₁ | sl2 ₇₋₁ | sl3 ₇₋₁ |
| 2 | 00:20 | sl1 ₁₋₂ | sl2 ₁₋₂ | sl3 ₁₋₂ | sl1 ₂₋₂ | sl2 ₂₋₂ | sl3 ₂₋₂ | ..... | sl1 ₇₋₂ | sl2 ₇₋₂ | sl3 ₇₋₂ |
| | | | | | | | | | | | |
| 143 | 23:50 | sl1 ₁₋₁₄₃ | sl2 ₁₋₁₄₃ | sl3 ₁₋₁₄₃ | sl1 ₂₋₁₄₃ | sl2 ₂₋₁₄₃ | sl3 ₂₋₁₄₃ | ..... | sl1 ₇₋₁₄₃ | sl2 ₇₋₁₄₃ | sl3 ₇₋₁₄₃ |

Чрез данните от Таблица 3, като се използват данните от Таблица 4, се определя факторът на мощността - $\cos f$. Пресмятането се извършва по известната зависимост:

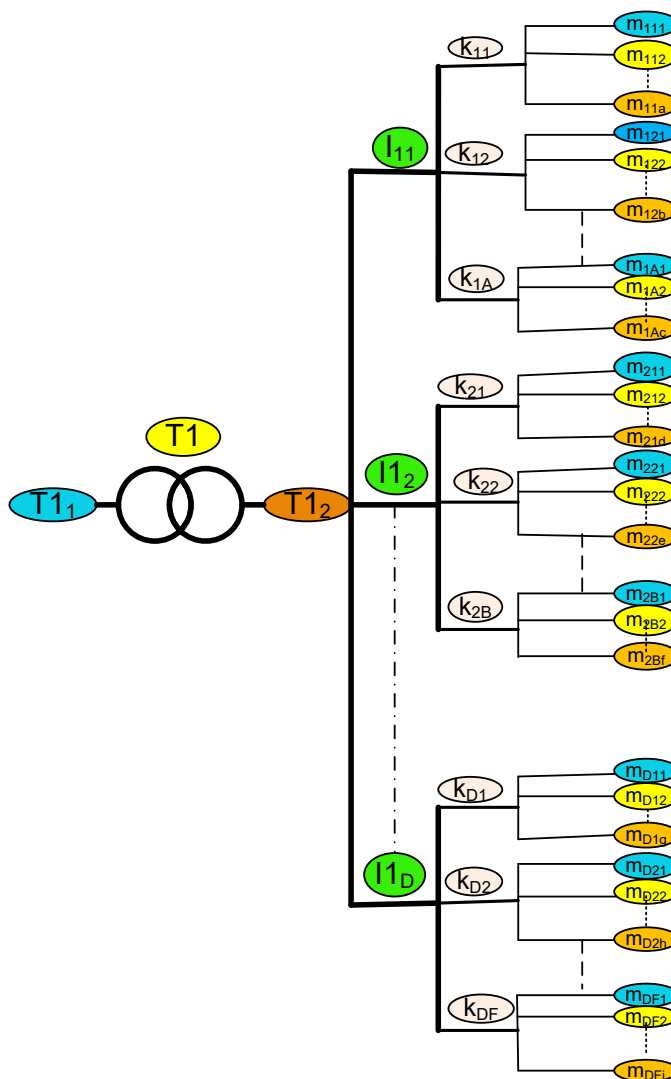
$$\cos f = \frac{PL(1,2,3)}{SL(1,2,3)}, \text{ като се раздели матрицата } PL(m_{PL1} \div m_{PL3}) \text{ на матрицата } SL(m_{SL1} \div m_{SL3}).$$



а) Нива на напрежения и основни елементи на модула



б) Захранващ трансформатор T110, електропроводи СН и трансформатори T1, T2, ..., TN 20,10/0,4 kV



в) Трансформатор 20/0,4 kV и мрежа Н.Н, захранваща консуматорите.

Фиг.1. Схема на елементите на типовия модул

Таблица 5. Матрица за общите коефициенти на хармонични изкривявания на фазовите напрежения THDU L ($m_{THDU L} \cdot m_{THDU L}$)

| № | min | 1 ден | | | 2 ден | | | ... | 7 ден | | |
|-----|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | TUL1 | TUL2 | TUL3 | TUL1 | TUL2 | TU L3 | | TUL1 | TUL2 | TUL3 |
| 1 | 10 | tul1 ₁₋₁ | tul2 ₁₋₁ | tul3 ₁₋₁ | tul1 ₂₋₁ | tul2 ₂₋₁ | tul3 ₂₋₁ | ... | tul1 ₇₋₁ | tul2 ₇₋₁ | tul ₇₋₁ |
| 2 | 20 | tul1 ₁₋₂ | tul2 ₁₋₂ | tul3 ₁₋₂ | tul1 ₂₋₂ | tul2 ₂₋₂ | tul3 ₂₋₂ | ... | tul1 ₇₋₂ | tul2 ₇₋₂ | tul3 ₇₋₂ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 144 | 00 | tul1 ₁₋₁₄₄ | tul2 ₁₋₁₄₄ | tul3 ₁₋₁₄₄ | tul1 ₂₋₁₄₄ | tul2 ₂₋₁₄₄ | tul3 ₂₋₁₄₄ | ... | tul1 ₇₋₁₄₄ | tul2 ₇₋₁₄₄ | tul3 ₇₋₁₄₄ |

Таблица 6. Матрица за общите коефициенти на хармонични изкривявания на фазовите токове THDIL (m_{IL1÷m_{IL3}})

| № | min | 1 ден | | | 2 ден |  |  | ..... | 7 ден | | |
|-------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | TI L1 | TI L2 | TI L3 | TI L1 | TI L2 | TI L3 | | TI L1 | TI L2 | TI L3 |
| 1 | 00:10 | til1 ₁₋₁ | til2 ₁₋₁ | til3 ₁₋₁ | til1 ₂₋₁ | til2 ₂₋₁ | til3 ₂₋₁ | ..... | til1 ₇₋₁ | til2 ₇₋₁ | til7-1 |
| 2 | 00:20 | til1 ₁₋₂ | til2 ₁₋₂ | til3 ₁₋₂ | til1 ₂₋₂ | til2 ₂₋₂ | til3 ₂₋₂ | ..... | til1 ₇₋₂ | til2 ₇₋₂ | til3 ₇₋₂ |
| | | | | | | | | | | | |
| 144 | 00:00 | til1 ₁₋₁₄₄ | til2 ₁₋₁₄₄ | til3 ₁₋₁₄₄ | til1 ₂₋₁₄₄ | til2 ₂₋₁₄₄ | til3 ₂₋₁₄₄ | ..... | til1 ₇₋₁₄₄ | til2 ₇₋₁₄₄ | til3 ₇₋₁₄₄ |

Таблица 7. Матрица за фазовите реактивни мощности QL (m_{QL1÷m_{QL3}})

| № | min | 1 ден | | | 2 ден |  |  | ..... | 7 ден | | |
|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Q L1 | Q L2 | Q L3 | PQL1 | Q L2 | Q L3 | | Q L1 | PQL2 | Q L3 |
| 1 | 00:10 | ql1 ₁₋₁ | ql2 ₁₋₁ | ql3 ₁₋₁ | ql1 ₂₋₁ | ql2 ₂₋₁ | pl3 ₂₋₁ | ..... | ql1 ₇₋₁ | ql2 ₇₋₁ | ql3 ₇₋₁ |
| 2 | 00:20 | ql1 ₁₋₂ | ql2 ₁₋₂ | ql3 ₁₋₂ | ql1 ₂₋₂ | ql2 ₂₋₂ | pl3 ₂₋₂ | ..... | ql1 ₇₋₂ | ql2 ₇₋₂ | ql3 ₇₋₂ |
| | | | | | | | | | | | |
| 144 | 00:00 | ql1 ₁₋₁₄₄ | ql2 ₁₋₁₄₄ | ql3 ₁₋₁₄₄ | ql1 ₂₋₁₄₄ | q2 ₂₋₁₄₄ | pl3 ₂₋₁₄₄ | ..... | ql1 ₇₋₁₄₄ | ql2 ₇₋₁₄₄ | ql3 ₇₋₁₄₄ |

Умножава се матрицата $U L(m_{UL1÷m_{UL3}}) \times THDU L (m_{THDU L÷m_{THDU L}})$ и се получава матрицата на ефективните стойности на напреженията от хармониците.

Умножава се матрицата $I L(m_{UL1÷m_{UL3}}) \times THDI L (m_{THDU L÷m_{THDU L}})$ и се получава матрицата на ефективните стойности на фазовите токове от хармониците.

Умножава се матрицата $UhL (m_{UhL1÷m_{UhL3}}) \times IhL(m_{IhL1÷m_{IhL3}})$ и се получава матрицата на мощностите D, генерирани от хармониците - Таблица 8.

Таблица 8. Матрица за мощностите D- DL (m_{PL1÷m_{PL3}})

| № | min | 1 ден | | | 2 ден | | | ... | 7 ден | | |
|-----|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | D L1 | DL2 | DL3 | DL1 | D L2 | D L3 | | D L1 | D L2 | D L3 |
| 1 | 10 | dl1 ₁₋₁ | dl2 ₁₋₁ | dl3 ₁₋₁ | dl1 ₂₋₁ | dl2 ₂₋₁ | dl3 ₂₋₁ | ... | dl1 ₇₋₁ | dl2 ₇₋₁ | dl3 ₇₋₁ |
| 2 | 20 | dl1 ₁₋₂ | dl2 ₁₋₂ | dl3 ₁₋₂ | dl1 ₂₋₂ | dl2 ₂₋₂ | dl3 ₂₋₂ | ... | dl1 ₇₋₂ | dl2 ₇₋₂ | dl3 ₇₋₂ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 143 | 20 | dl1 ₁₋₁₄₃ | dl2 ₁₋₁₄₃ | dl3 ₁₋₁₄₃ | dl1 ₂₋₁₄₃ | dl2 ₂₋₁₄₃ | dl3 ₂₋₁₄₃ | ... | dl1 ₇₋₁₄₃ | dl2 ₇₋₁₄₃ | dl3 ₇₋₁₄₃ |

Матриците от Таблица 1 до Таблица 8 са за индивидуалните абонати. Техните матрици се групират и събират в главното разпределително табло на всеки трансформатор (Фиг. 2.1с).

Матрици (k_{11÷k_{DF}}) - ниво групови захранващи ел. табла или касети. Образуват се от сумите на групите от матрици (m_{111÷m_{DFj}}), или :

$$\begin{aligned}
 k_{11} &= m_{111} + m_{112} + \dots + m_{11a} \\
 k_{12} &= m_{121} + m_{122} + \dots + m_{11b} \\
 &\dots \\
 k_{1A} &= m_{1A1} + m_{1A2} + \dots + m_{1Ac} \\
 &\dots \\
 k_{D1} &= m_{D11} + m_{D12} + \dots + m_{D1g} \\
 k_{D2} &= m_{D21} + m_{D22} + \dots + m_{D2h} \\
 &\dots \\
 k_{DF} &= m_{DF1} + m_{DF2} + \dots + m_{DFi} \\
 k_{21} &= m_{211} + m_{212} + \dots + m_{21d} \\
 k_{22} &= m_{221} + m_{222} + \dots + m_{22e} \\
 &\dots \\
 k_{2B} &= m_{2B1} + m_{2B2} + \dots + m_{1Af}
 \end{aligned}$$

Матрици (I_{11÷ I_D}) – ниво захранващи кабелни или въздушни изводи от главното разпределително табло (ГРТ). Образуват се от сумите на групите от матрици(k_{11÷k_{DF}}), или:

$$\Pi_1 = k_{11} + k_{12} + \dots + k_{1A}$$

$$\Pi_2 = k_{21} + k_{22} + \dots + k_{2B}$$

.....

$$\Pi_D = k_{D1} + k_{D2} + \dots + k_{DF}$$

Матрица (T1) – страна ниско напрежение на трансформатора. Образуват се от сумите на групите от матрици ($\Pi_1 \div \Pi_D$), или:

$$T1 = \Pi_1 + \Pi_1 + \dots + \Pi_D$$

Матрица (T2) – страна високо напрежение на трансформатора. Образуват се от сумите на матрица (T1), и матрицата на трансформатора (IT1), или:

$$T2 = IT1 + T1$$

Матрици (T110₁, T110₂). Образуват се от сумите на групите от матрици (T1₁ ÷ IN₁),

или :

$$T110_1 = T110_2 = T1_1 + T2_1 + \dots + TN_1$$

Баланс по активна мощност. Анализаторите записват мощностите във всяка от фазите. Данните следва да се изведат и въведат в информационната матрица от Таблица 9. Те се отнасят за седем дневен период, като се подреждат по дни.

Таблица 9. Матрица разлика между активните мощностите ($\sum PL - PE$)

| № | min | 1 ден | | | 2 ден |  |  | ..... | 7 ден | | |
|-------|-------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | | PE | $\sum PL$ | $\sum PL - PE$ | PE | $\sum PL$ | $\sum PL - PE$ | | | PE | $\sum PL$ | $\sum PL - PE$ |
| 1 | 00:10 | pe ₁₋₁ | pl ₁₋₁ | e ₁₋₁ | pe ₂₋₁ | pl ₂₋₁ | e ₂₋₁ | ..... | pe ₇₋₁ | pl ₇₋₁ | e ₇₋₁ |
| 2 | 00:20 | pe ₁₋₂ | pl ₁₋₂ | e ₁₋₂ | pe ₂₋₂ | pl ₂₋₂ | e ₂₋₂ | ..... | pe ₇₋₂ | pl ₇₋₂ | e ₇₋₂ |
| | | | | | | | | | | | |
| 144 | 00:00 | pe ₁₋₁₄₄ | pl ₁₋₁₄₄ | e ₁₋₁₄₄ | pe ₂₋₁₄₄ | pl ₂₋₁₄₄ | e ₂₋₁₄₄ | ..... | pe ₇₋₁₄₄ | pl ₇₋₁₄₄ | e ₇₋₁₄₄ |
| | | 0,25 $\sum pe$ | $\sum pl$ 1 | $\pm \sum e$ 1 | $\sum pe$ 2 | $\sum pl$ 2 | $\pm \sum e$ 2 | ..... | $\sum pe$ 7 | $\sum pl$ 7 | $\pm \sum e$ 7 |

Разликите между показанията на електромера за нивата на активният товар и активния товар по данните от анализатора за седемдневният период ще се определят чрез сумите:

$$\sum_{1}^{7} e = \sum e1 \pm \sum e2 \pm \sum e3 \pm \sum e4 \pm \sum e5 \pm \sum e6 \pm \sum e7, \quad (2.1)$$

където означенията в табл.2.5 и зависимост (2.1) са:

PE – данни от показанията на електромера, kWh;

$\sum PL$ – данни от показанията на анализатора, kWh;

$\sum PL - PE$ – разликата между показанията, kWh;

$\sum pe$ 1, $\sum pl$ 2, ..., $\sum pe$ 7 – сумарният денонощен разход на електроенергия по показанията на електромера, kWh;

$\sum pl$ 1, $\sum pl$ 2, ..., $\sum pl$ 7 - сумарният денонощен разход на електроенергия по показанията на анализатора, kWh;

$\pm \sum e$ 1, $\pm \sum e$ 2, ..., $\pm \sum e$ 7 – дневните разлики между показанията на електромера и данните от анализатора по дни за седемдневният период, kWh.

ИЗВОДИ

1. Изграждането на системите за контрол и управление на качеството на електрическата енергия (СКУКЕЕ) в електроразпределителните мрежи (ЕРМ) е предстоящо. Опорните информационни потоци ще се осигуряват от анализаторите на висшите хармоници (ВХ) и търговските и контролни електромери. За целта е осъществено тяхното реструктуриране и прегрупиране в информационни матрици с цел изграждането на

автоматизирани СКУКЕЕ, чиито база в структурата им е предложено да бъдат типове модули (ТМ), представляващи всеки от изводите средно напрежение в ЕРМ;

2. Синтезирани са следните основни пакети от информационни матрици: матрици ($m_{111} \div m_{DFj}$) - носят информация за генерираните от електропотребителите и абонатите ВХ; матрици ($k_{11} \div k_{DF}$) - ниво групови захранващи ел. табла или касети; матрици ($I_{11} \div I_{1D}$) – ниво захранващи кабелни или въздушни изводи от главното разпределително табло (ГРТ); матрица (Т1) – страна ниско напрежение на трансформатора; матрица (Т2) – страна високо напрежение на трансформатора. За всеки трансформатор и участък от мрежата СН се обособяват по аналогичен начин и останалите групи от матрици съдържащи се в ЕРМ;

3. Като се изхожда от така синтезираните групи от матрици следва да се изгради блок-схема и да се разработи софтуерна програма за автоматизирано пресмятане на баланса от ВХ и генерираните от тях допълнителни загуби на електроенергия в дадена ЕРМ.

REFERENCES

Ivanov, Kr., Velev, G., & Naumov, Ts., (2015). Power quality and energy efficiency in low voltage electrical power system of the technical university of Gabrovo. Annals of the Constantin Brankusi University of Targu Jiu, Engineering Series, №4.

Arrilaga, Dzh., & Bredli, D. (1990). Garmoniki v elektricheskikh sistemah, per. s angl., Moskva, Energoatomizdat, 320 str., ISBN 5-283-02458-X (*Заглавие на руски*: Аррилага, Дж., & Бредли, Д. (1990). Гармоники в электрических системах, пер. с англ., Москва, Энергоатомиздат, 320 стр., ISBN 5-283-02458-X).

Grigor'ev, O., Petuhov, V., Sokolov, V., & Krasilov, Ig., (2002). Vysshie garmoniki v setyah elektrosnabzheniya 0,4 kV, Novosti elektrotehniki, zhurnal №6(18) 2002 – 1(19) 2003 (*Оригинално заглавие*: Григорьев, О., Петухов, В., Соколов, В., & Красилов, Иг., (2002). Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ, Новости электротехники, журнал №6(18) 2002 – 1(19) 2003).

Zhezhelenko, I. (2000). Vysshie garmoniki v sistemah elektrosnabzheniya prompredpriyatiy. Moskva, Energoatomizdat, 331 str. (*Оригинално заглавие*: Жежеленко, И. (2000). Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. Москва, Энергоатомиздат, 331 стр., ISBN 5-283-0319-8).

Marton, S., (2013). Analiz na kachestvoto na elektricheskata energiya v razpredelitelni mrezhni s detsentralizirani energyni iztochnitsi. Avtoreferat na disertatsiya za prisvoyavane na nauchnata stepen „doktor”, Sliven (*Оригинално заглавие*: Мартон, С., (2013). Анализ на качеството на електрическата енергия в разпределителни мрежи с децентрализиран енергийни източници. Автореферат на дисертация за присвояване на научната степен „доктор”, Сливен).

Naumov Tsv. (2018). Otnosno izgrazhdaneto na sistemi za otsenka i kontrol na visshite harmonitsi v usloviyata na ERD. sp. Energetika №6 (*Оригинално заглавие*: Наумов, Цв., (2018). Относно изграждането на системи за оценка и контрол на висшите хармоници в условията на ЕРД. сп. Энергетика №6).