



# Buzefal

**Анализ рабочих режимов  
электроэнергетических систем**

Обзор программного обеспечения



# Описание программного комплекса Buzefal

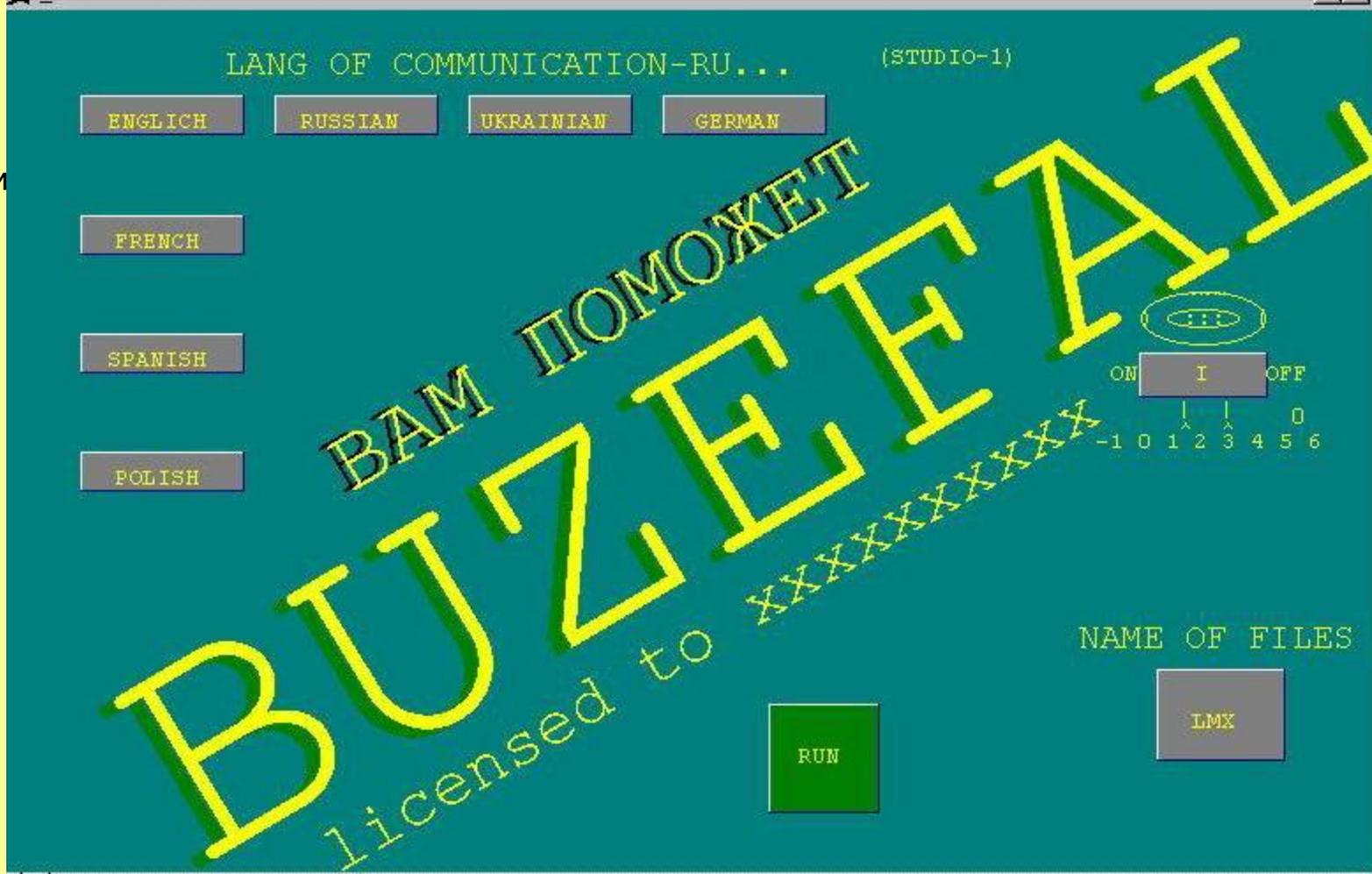
- ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС BUZEFAL ВЫПОЛНЯЕТ ВСЕСТОРОННИЙ АНАЛИЗ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛ.СИСТЕМ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ И ОБЛАДАЕТ ВЫСОКОРАЗВИТЫМ И УДОБНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ.
- Комплекс может быть использован:
  - как инструмент анализа характерных режимов ЭЭС (электроэнергетических систем);
  - при решении задач оптимального планирования режимов ЭЭС;
  - как аналитический блок в цикле оперативного управления режимами ЭЭС;
  - при решении задач проектирования ЭЭС.
- Программный комплекс BUZEFAL позволяет выполнять:
  - расчет режимов ЭЭС при любых заданных параметрах режима;
  - оптимизацию уровней напряжения ЭЭС (определение оптимальных значений коэффициентов трансформации с учётом дискретности регулирования);
  - оптимизацию токораспределения в замкнутых контурах эл.сети при любых технических условиях этой задачи при этом определяются оптимальные точки разрезания контуров или врезания специальных устройств создающих ЭДС.
  - оптимизацию режима компенсации реактивной мощности в эл.сети ЭЭС как в оперативном плане, так и в проектном плане этой задачи.
- Следовательно, комплекс BUZEFAL позволяет решать любую задачу оптимизационного характера. Однако особая ценность комплекса заключается в том, что он позволяет задать решение всех перечисленных задач одновременно, так сказать, выполнить комплексную оптимизацию режима электрической системы. Следует подчеркнуть, что все расчеты выполняются с высокой точностью и достаточно быстро. Точность выполняемых расчетов можно проверить в программе RESULT.
- Универсальность, высокую точность и быстроедействие метода решения всех перечисленных задач удалось достичь благодаря учёту взаимовлияния режима компенсации реактивной мощности, токораспределения в замкнутых контурах и коэффициентов трансформации (уровней напряжения в сети).



# Описание программного комплекса Buzefal

- Программный комплекс BUZEFAL формирует четыре окна: STUDIO, HELP, TURBO и TUR24h. Каждое окно имеет две страницы. Переход на вторую страницу выполняется кнопкой RUN, а возврат на первую страницу - кнопкой Return. Окна STUDIO, TURBO и TUR24h играют роль панелей управления работой программ, входящих в состав комплекса BUZEFAL. Окно HELP позволяет вызывать краткие инструкции ко всем программам комплекса.

- Изображенная страница окна STUDIO содержит кнопки переключения языка общения комплекса BUZEFAL с пользователем LANG\_OF\_COMMUNICATION.
- В меню могут быть включены другие языки по желанию пользователя.

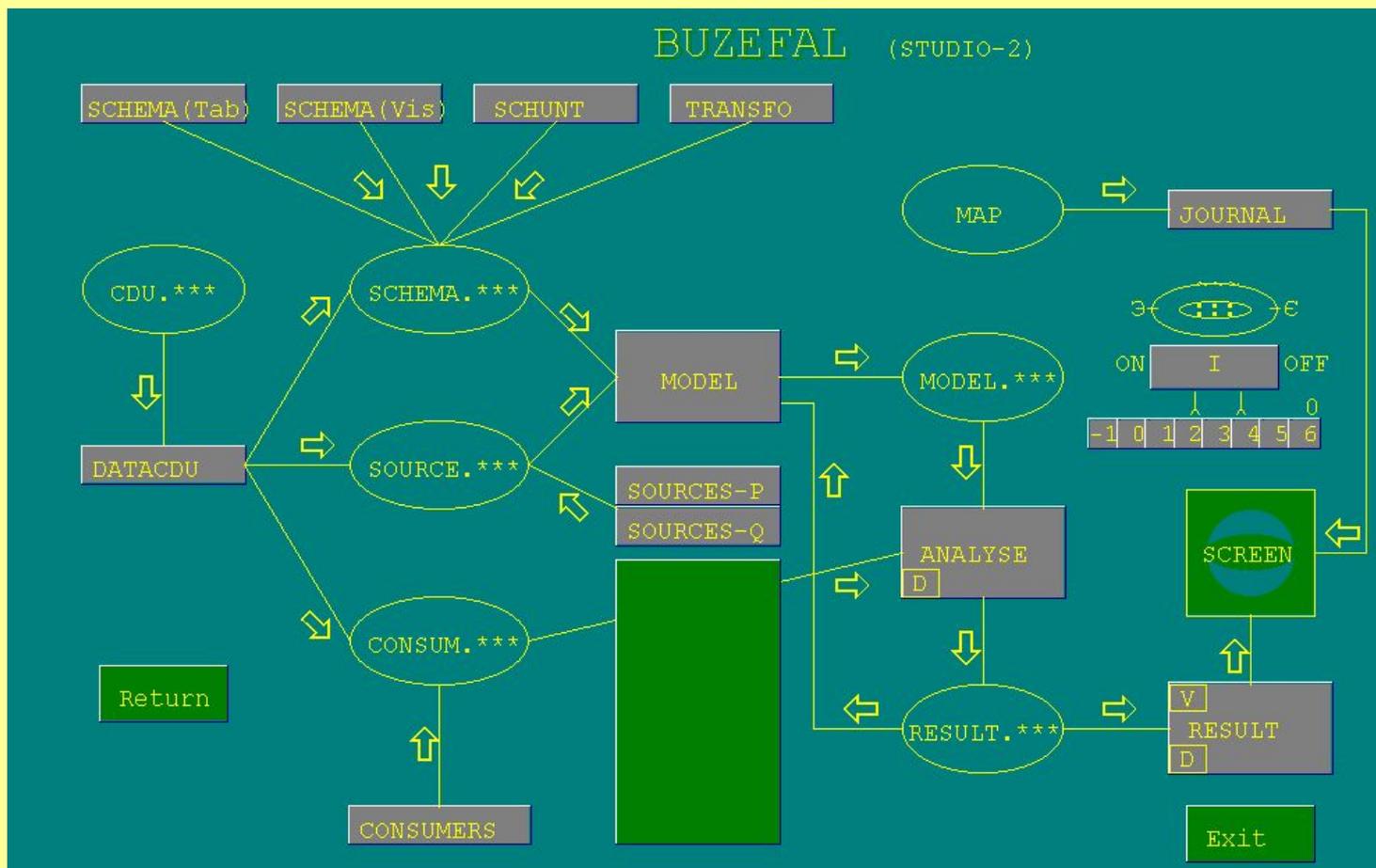




# Описание программного комплекса Buzefal

Изображенная вторая страница окна STUDIO отражает структуру комплекса BUZEFAL и является картой перемещения и хранения исходной и результирующей информации. Программа ANALYSE является основной программой комплекса BUZEFAL - его сердцем. Все остальные программы (кроме программы MODEL) являются сервисными и служат для обеспечения удобного доступа к исходной и результирующей информации. Кроме простого расчета режима электрической сети, программа ANALYSE способна решать всевозможные задачи оптимизационного характера.

- Результаты расчета или оптимизации режима записываются в файл RESULT.\*\*\*, что позволяет многократно и в различных аспектах просматривать их.





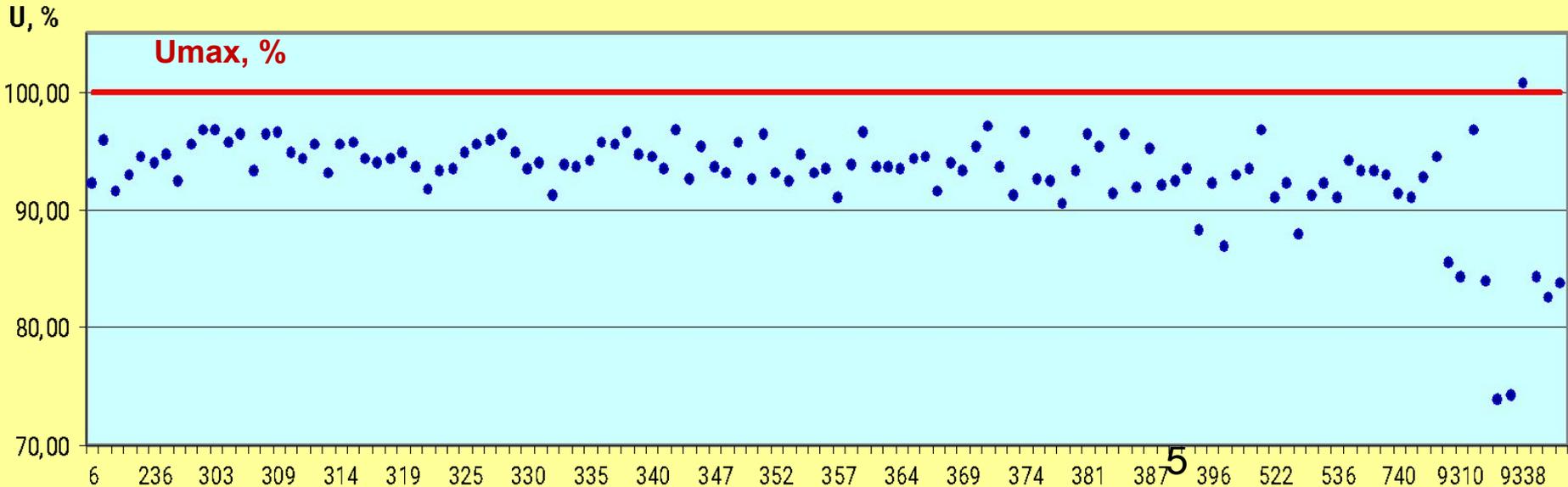
## Ситуация в системе **до оптимизации**

ДАЛЕЕ ПРИВЕДЕНЫ НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСТОГО РАСЧЁТА РЕЖИМА (БЕЗ КАКОЙ-ЛИБО ОПТИМИЗАЦИИ) ВЫПОЛНЕННОГО КОМПЛЕКСОМ BUZEFAL НА ПРИМЕРЕ ЭЛ. СИСТЕМЫ УКРАИНЫ.

В таблице РЕЖИМ УЗЛОВ СЕТИ выводится информация только о режиме узлов, у которых напряжение превышает допустимое значение или у которых напряжение ниже допустимого более чем на 5%.

Из таблицы видно, что разброс напряжений узлов достигает **26%**, что никак не соответствует понятию «приемлемый» режим напряжений электрической сети. Это и повышение потерь мощности в сети и неудовлетворительное качество напряжений у потребителей.

Очевидно, что реализация этого режима без изменения коэффициентов трансформации и других мероприятий по управлению режимом - **нежелательна**.





# Ситуация в системе до оптимизации

## ХАРАКТЕР АНАЛИЗА РЕЖИМА СЕТИ

LMX:

1) Character: РАСЧЕТ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

2) Option: РАСЧЕТ РЕЖИМА ПО ЗАДАНЫМ U<sub>mod</sub>

3) АНАЛИЗ РЕЖИМА НА БАЗЕ МОДЕЛИ MODEL1.LMX

NB= 308; UB= 350.00 (kV); STATUS OF UB IS "FIXED"

АНАЛИЗ РЕЖИМА ЭЭС ВЫПОЛНЕН ЗА 2.3 sec.; DATE= 5. 6. 2009; TIME=20.46

СУММАРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ РАВНА 8506.490 (mW) (+)

СУММАРНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ РАВНО 8407.900 (mW) (-)

АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ УЗЛА ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО БАЛАНС РАВНА 0.000 (mW) (-); Q= 0.00

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В СЕТИ ИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТЕЙ РАВНЫ 98.590 (mW); 1.159%

## ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ГЕНЕРАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

--- $\Delta P$  (mW) --- $\Delta Q$  (mVar) ---Q<sub>ген</sub> (mVar) ---Q<sub>шт</sub> (mVar) ---Q<sub>кмп</sub> (mVar)

98.590 1380.023 4645.362 576.623 296.695

## ПОТЕРИ И ГЕНЕРАЦИЯ МОЩНОСТИ РАЗНЕСЁННЫЕ ПО УРОВНЯМ НАПРЯЖЕНИЯ

---U<sub>ном</sub> (kV) --- $\Delta P_r$  (mW) --- $\Delta Q_x$  (mVar) --- $\Delta P_g$  (mW) ---Q<sub>гнб</sub> (mVar)

750.000 23.214 756.569 1.981 2798.316

330.000 44.689 519.375 9.534 1620.543

150.000 18.865 104.077 0.307 226.504



# Ситуация в системе до оптимизации

| РЕЖИМ УЗЛОВ СЕТИ |         |        |                       |        |          |                       |                     |                     |                      |                         | НЕБАЛАНС -5% > ΔU > +1% |
|------------------|---------|--------|-----------------------|--------|----------|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| УЗЛ_№-ИМЯ_УЗЛА   | U (kV)  | θ (г)  | U <sub>max</sub> (kV) | P (mW) | Q (mVAR) | Q <sub>g</sub> (mVAR) | dΔP/dP <sub>т</sub> | dΔP/dQ <sub>т</sub> | I <sub>g</sub> (НВЛ) | (U-U <sub>max</sub> ) % |                         |
| 144 Красн330     | 331.809 | -4.46  | 363.00                | 128.00 | 68.00    | 21.03                 | -0.040              | -0.022              | -9.90                | -8.59                   |                         |
| 332 КИР-150      | 156.808 | -4.52  | 172.00                | 245.00 | 100.00   | 2.20                  | -0.030              | -0.011              | -6.71                | -8.83                   |                         |
| 357 ЮЖ-2С150     | 156.384 | -4.23  | 172.00                | 111.00 | 40.00    | 0.88                  | -0.026              | -0.015              | -7.05                | -9.08                   |                         |
| 373 УЗЛОВ1СШ     | 156.643 | -2.03  | 172.00                | 108.00 | 76.00    | 5.03                  | -0.017              | -0.014              | -7.05                | -8.93                   |                         |
| 377 ПАРТИЗАНЫ    | 155.519 | -5.86  | 172.00                | 14.00  | 6.00     | 7.40                  | -0.121              | -0.016              | -7.43                | -9.58                   |                         |
| 383 ЗНАМЕНКА     | 157.059 | -3.84  | 172.00                | 70.00  | 32.00    | 5.45                  | -0.046              | 0.010               | -8.25                | -8.69                   |                         |
| 392 Вердянк      | 151.607 | -9.34  | 172.00                | 45.00  | 0.00     | 4.08                  | -0.276              | 0.020               | -7.16                | -11.86                  |                         |
| 419 СИМФЕРОП     | 315.003 | -12.92 | 363.00                | 236.00 | 60.00    | 48.37                 | -0.181              | -0.023              | -6.57                | -13.22                  |                         |
| 522 КАХГППЗЗ     | 330.001 | -5.23  | 363.00                | 430.00 | 135.00   | 57.94                 | -0.053              | -0.022              | -6.75                | -9.09                   |                         |
| 533 Н.Троицк     | 150.967 | -8.13  | 172.00                | 50.00  | 10.00    | 1.44                  | -0.212              | -0.027              | -7.28                | -12.23                  |                         |
| 534 РУВАНОВК     | 156.647 | 0.74   | 172.00                | 13.00  | 6.00     | 2.42                  | -0.088              | -0.022              | -7.95                | -8.93                   |                         |
| 536 НИКОЛЬСК     | 156.452 | -6.79  | 172.00                | 27.00  | 20.00    | 1.84                  | -0.112              | -0.034              | -7.22                | -9.04                   |                         |
| 740 УМАНЬ        | 157.066 | -2.07  | 172.00                | 28.00  | 0.00     | 2.96                  | -0.039              | -0.009              | -8.73                | -8.68                   |                         |
| 757 ОРБИТА       | 156.478 | -4.10  | 172.00                | 7.00   | 5.00     | 1.37                  | -0.050              | 0.008               | -8.73                | -9.02                   |                         |
| 9300 .....       | 20.500  | 6.98   | 24.00                 | 15.00  | 20.00    | 0.00                  | 0.012               | 0.001               | -5.84                | -14.58                  |                         |
| 9310 .....       | 20.211  | 7.98   | 24.00                 | 15.00  | 15.00    | 0.00                  | 0.015               | 0.004               | -5.84                | -15.79                  |                         |
| 9316 .....       | 20.114  | 7.52   | 24.00                 | 15.00  | 16.00    | 0.00                  | 0.014               | -0.010              | -5.60                | -16.19                  |                         |
| 9317 .....       | 17.705  | 1.59   | 24.00                 | 24.00  | 24.00    | 0.00                  | 0.003               | -0.013              | -6.32                | -26.23                  |                         |
| 9318 .....       | 17.800  | 1.94   | 24.00                 | 12.00  | 10.00    | 0.00                  | 0.003               | -0.013              | -6.18                | -25.83                  |                         |
| 9339 .....       | 20.200  | 2.23   | 24.00                 | 16.00  | 16.00    | 0.00                  | -0.006              | -0.006              | -9.90                | -15.83                  |                         |
| 9340 .....       | 19.811  | -0.11  | 24.00                 | 18.00  | 18.00    | 0.00                  | -0.020              | -0.011              | -5.67                | -17.45                  |                         |
| 9358 .....       | 20.096  | 1.31   | 24.00                 | 15.00  | 15.00    | 0.00                  | -0.019              | -0.011              | -5.92                | -16.27                  |                         |



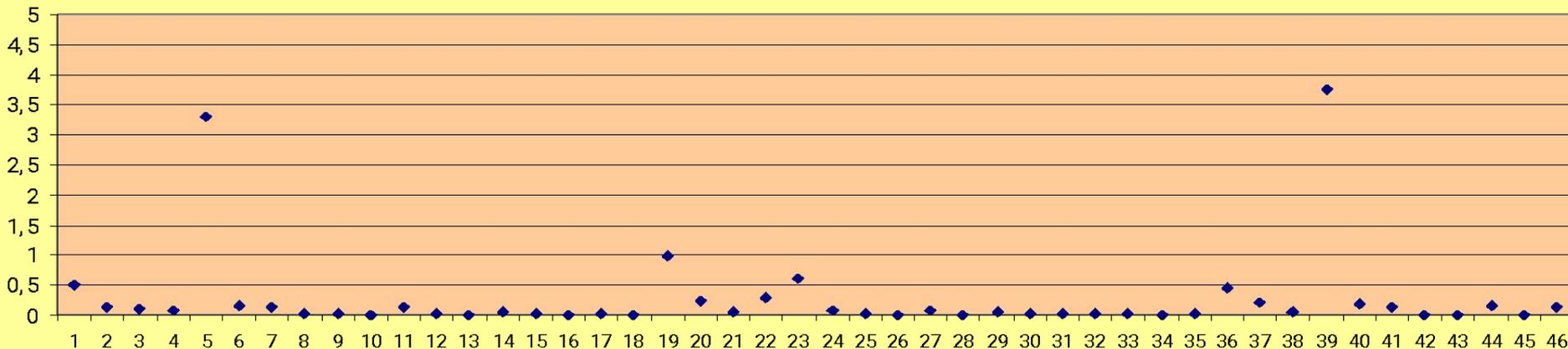
# Ситуация в системе **до оптимизации**

Демонстрация точности выполнения расчета

**W** Небалансы P в узлах



**V** Небалансы модуля U в контурах



КРОМЕ ТОГО, ЧТОБЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ НЕ СОМНЕВАЛСЯ В ВЫСОКОМ КАЧЕСТВЕ ВЫПОЛНЕННОГО АНАЛИЗА, ПРОЦЕСС ВЫЧИСЛЕНИЯ НЕБАЛАНСОВ ВЫВОДИТСЯ НА МОНИТОРИ И ЭТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЛЕГКО ПРОВЕРИТЬ ВРУЧНУЮ.



# Ситуация в системе **после оптимизации**

- ПОСЛЕ ВСЕСТОРОННЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА ЭЛ. СИСТЕМЫ УКРАИНЫ, ВЫПОЛНЕННОЙ КОМПЛЕКСОМ BUZEFAL, НАПРЯЖЕНИЯ ВСЕХ УЗЛОВ СЕТИ НОРМАЛИЗОВАЛИСЬ А ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СНИЗИЛИСЬ.
- Естественно, в составе результирующей информации имеются параметры состояния всех устройств принимающих участие в управлении режимом электрической системы.
- На основе этих данных можно реализовать как ручное так и автоматизированное управление режимом.
- Универсальность, высокие точность и быстродействие позволяют использование комплекса BUZEFAL в цикле автоматизированного управления режимами.

```
ХАРАКТЕР АНАЛИЗА РЕЖИМА СЕТИ                                     LMX :
1) Character: КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА
2) option: ОПТИМИЗАЦИЯ ПО "ОБЩИМ ЗАКАЗАМ"
3) КОН_ТИП: ВСЕ КОНТУРЫ-ПОЛНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ
4) РПН_ТИП: КОЭФИЦИЕНТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕГУЛИРУЮТ МАКСИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
5) ИРМ_ТИП: МИНИМУМ ПОТЕРЬ ОТ ПЕРЕДАЧИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
6) ИРМ_ЛМТ: С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО МОЩНОСТИ ИРМ
7) АНАЛИЗ РЕЖИМА НА БАЗЕ МОДЕЛИ MODEL1.LMX
NB= 356; UB= 750.00 (kV); STATUS OF UB IS "VARIABLE"
АНАЛИЗ РЕЖИМА ЭЭС ВЫПОЛНЕН ЗА 4.9 sec.; DATE= 5. 6. 2009; TIME= 18. 29
```



# Ситуация в системе после оптимизации

СУММАРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ РАВНА 8506.490 (mW) (+)

СУММАРНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ РАВНО 8370.000 (mW) (-)

АКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ УЗЛА ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО БАЛАНС РАВНА 53.333 (mW) (-); Q= 832.58

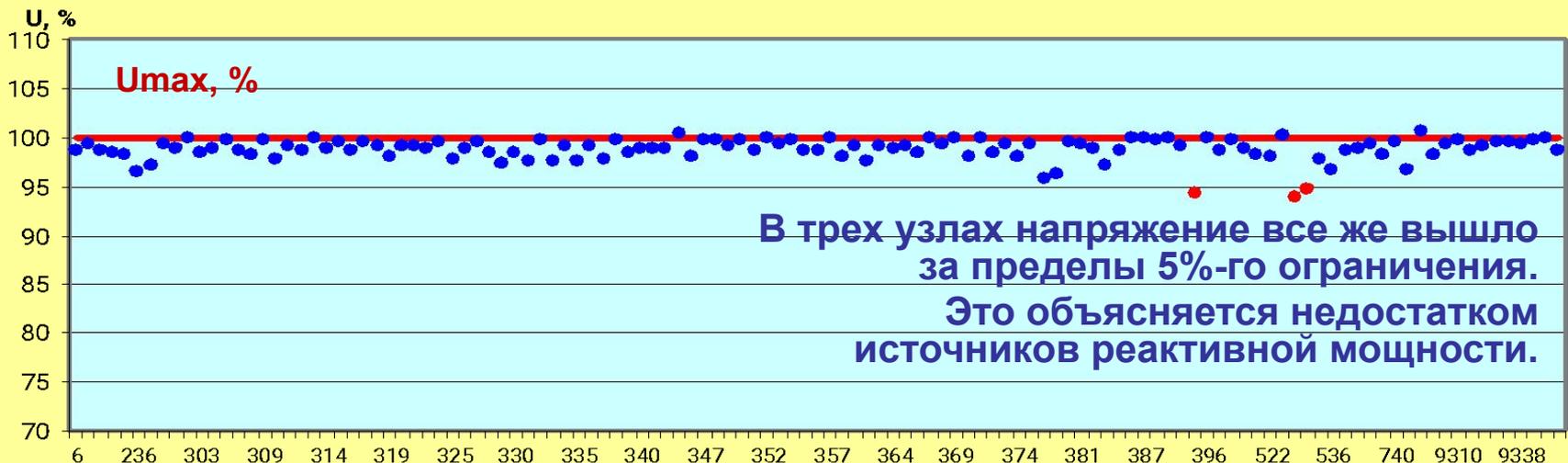
ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В СЕТИ ИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТЕЙ РАВНЫ 83.158 (mW); 0.978%

ПОТЕРИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И ГЕНЕРАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

| ----- $\Delta P$ (mW) | ----- $\Delta Q$ (mVar) | ---Qген (mVar) | --Qштп (mVar) | --Qкмп (mVar) |
|-----------------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 83.158                | 1212.594                | 5189.311       | 650.590       | 538.388       |

ПОТЕРИ И ГЕНЕРАЦИЯ МОЩНОСТИ РАЗНЕСЁННЫЕ ПО УРОВНЯМ НАПРЯЖЕНИЯ

| ---Unom (kV) | ----- $\Delta Pr$ (mW) | --- $\Delta Qx$ (mVar) | ----- $\Delta Pg$ (mW) | --Qgnb (mVar) |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| 750.000      | 21.214                 | 678.085                | 2.238                  | 3179.404      |
| 330.000      | 36.748                 | 450.637                | 10.207                 | 1753.409      |
| 150.000      | 12.403                 | 83.872                 | 0.347                  | 256.498       |



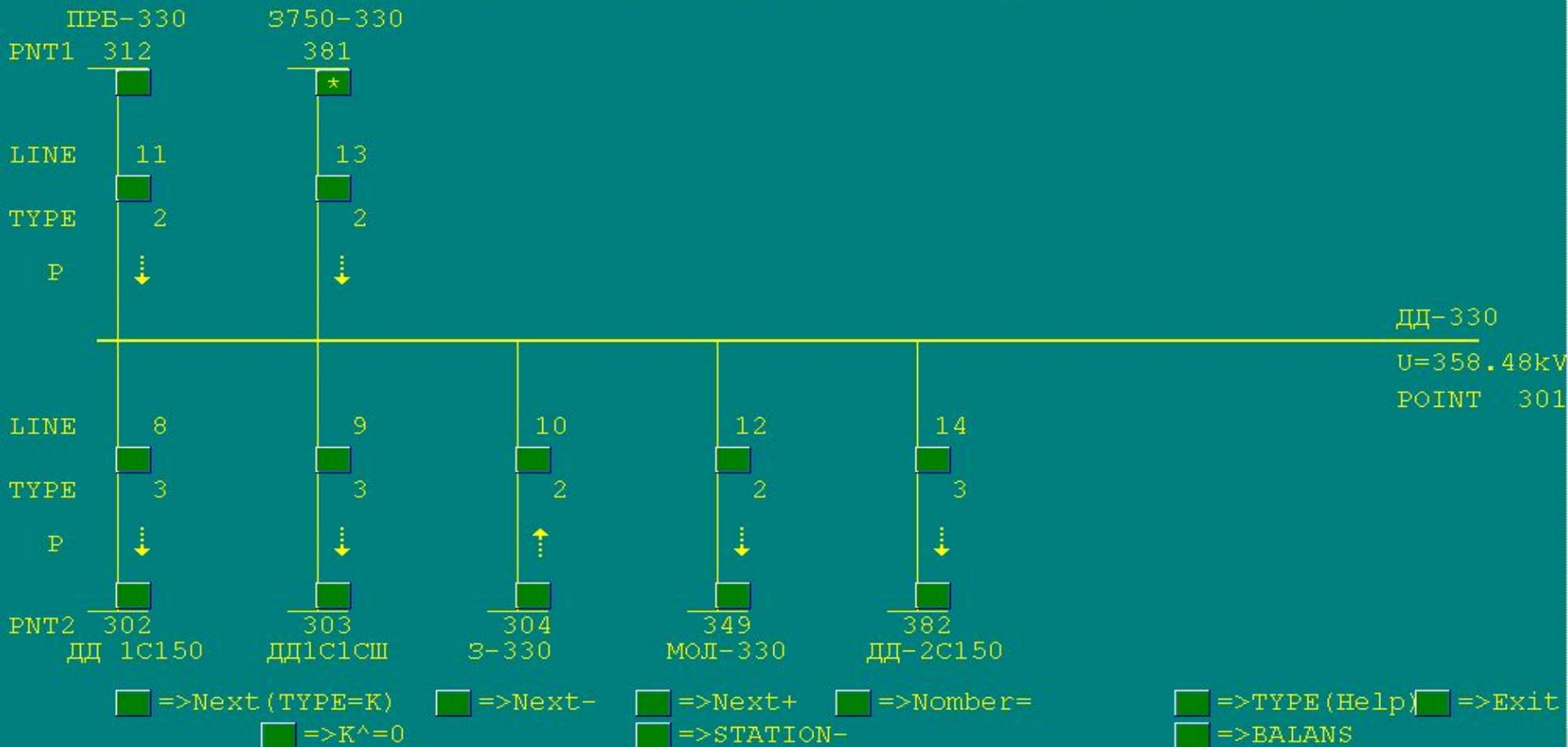


# Ситуация в системе **после оптимизации**

- Визуальный вывод результатов анализа энергосистемы на примере одного узла

*РАБОТАЕТ ПРОГРАММА ВЫВОДА (VISUAL)*

*РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РЕЖИМА ЭЛ. СЕТИ*





## Ситуация в системе **после оптимизации**

Визуальный вывод результатов анализа энергосистемы на примере одного узла

*РАБОТАЕТ ПРОГРАММА ВЫВОДА (VISUAL)*

*РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РЕЖИМА ЭЛ. СЕТИ*

ПРОВЕРКА БАЛАНСА ТОКОВ В УЗЛЕ

POINTS 301

(ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАКОНОВ КИРХГОФА ) УЗЕЛ 301 Uкомпл=( 358.280, -12.046)

Re (ТОК) Im(ТОК) (кА) ИЛИ |U|= 358.483 (кV);  $\theta = -1.926$  (град)

0.003359320 0.064500096-ТОК УЗЛОВОЙ ПРОВОДИМОСТИ

LINE-TYPE-PNT1-PNT2----P (mW)--Q (mVAr)

|              |              |              |    |   |     |     |          |         |
|--------------|--------------|--------------|----|---|-----|-----|----------|---------|
| -0.003176538 | -0.018764414 | -ТОК В ВЕТВИ | 11 | 2 | 301 | 312 | -1.580   | 11.710  |
| -0.106144894 | 0.115704506  | -ТОК В ВЕТВИ | 13 | 2 | 301 | 381 | -68.281  | -69.585 |
| 0.023684727  | -0.034017027 | -ТОК В ВЕТВИ | 8  | 3 | 301 | 302 | 15.407   | 20.615  |
| 0.029426646  | -0.034167914 | -ТОК В ВЕТВИ | 9  | 3 | 301 | 303 | 18.973   | 20.589  |
| -0.230192261 | 0.009216088  | -ТОК В ВЕТВИ | 10 | 2 | 301 | 304 | -143.036 | -0.916  |
| 0.076897429  | 0.033807928  | -ТОК В ВЕТВИ | 12 | 2 | 301 | 349 | 47.013   | -22.584 |
| 0.206145570  | -0.136279252 | -ТОК В ВЕТВИ | 14 | 3 | 301 | 382 | 130.765  | 80.266  |

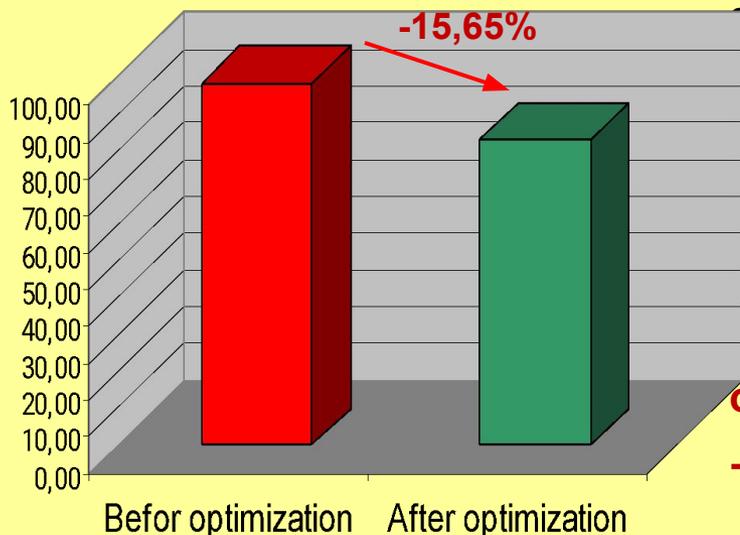
0.000000000 0.000000011-НЕБАЛАНС ТОКОВ В УЗЛЕ

НЕБАЛАНС ПО P= -0.000001 (mW); НЕБАЛАНС ПО Q= -0.000003 (mVAr)



# Основные достоинства комплекса Vuzefal

## Power losses



1. Программный комплекс решает любую задачу анализа режимов ЭЭС с эталонной точностью и весьма быстро (вся сеть Украины 750/330/150кВ проанализирована за 6 сек)

2. Комплексная оптимизация режима сети позволила:

**Ввести режим напряжений в технические ограничения**

**- Снизить потери мощности в сети на 15МВт**

3. Распространение использования программного комплекса на сети Украины более низкого уровня позволит снизить суммарные потери мощности на 150МВт, а снижение годовых потерь энергии может составить 450 млн. кВт-часов.



**Спасибо за внимание!**

Федоровский Геннадий Кондратьевич

[info@fedorovsky.com](mailto:info@fedorovsky.com)

[www.buzefal.ho.ua](http://www.buzefal.ho.ua)