

Протокол исследования регенератора электрической мощности (РЭМ)

ООО «ТехноЭнерго»
г. Нижний Новгород

1 Введение

Целью настоящих исследований является:

- определение влияния РЭМ на работу счетчиков электрической энергии;
- определение влияния РЭМ на параметры качества электрической энергии;
- определение реального снижения потребления активной мощности из сети при работающем РЭМ.

В процессе исследования применялось следующее оборудование:

- счетчик электрической энергии многофункциональный – измеритель ПКЭ ТЕ3000 №2006190021, установленный в питающей ТП до РЭМ;
- счетчик электрической энергии многофункциональный – измеритель ПКЭ ТЕ3000 №2006190022, установленный в ВРУ цеха пластмассового производства после РЭМ;
- регенератор электрической мощности РЭМ-50 № РЭМ-2019/06/50-1, установленный в ТП на фидере 0,4 кВ, питающем цех пластмассового производства;
- программное обеспечение «Конфигуратор СЭТ-4ТМ» V21.01.20.

Схема включения оборудования приведена на рисунке 1.

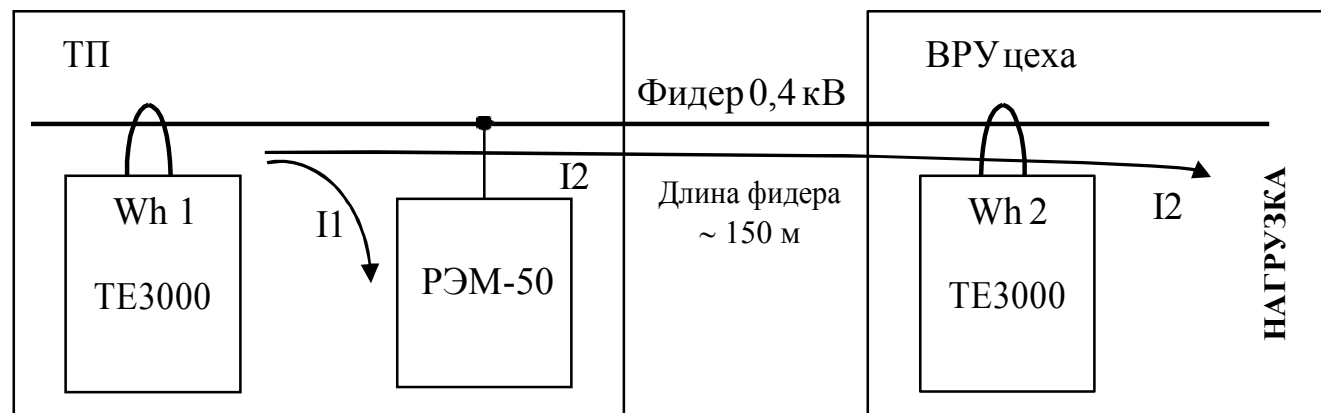


Рисунок 1 – Схема включения оборудования

Из рисунка 1 следует, что через счетчик Wh1, установленный в ТП, протекают два тока: ток I_1 – через РЭМ, ток I_2 – через второй счетчик Wh2 и нагрузку. Через счетчик Wh2, установленный в ВРУ цеха, протекает только ток нагрузки I_2 .

Примечание – при дальнейшем изложении все рисунки, расположенные слева относятся к счетчику Wh1, установленному в ТП, а все рисунки, расположенные справа, относятся к счетчику Wh2, установленному в ВРУ цеха изготовления пластмассовых изделий.

2 Работа РЭМ на малой нагрузке

РЭМ-50 настроен таким образом, чтобы автоматически отключаться при нагрузке меньше 25 кВт.

Из рисунка 2 видно, что счетчики на ТП и в ВРУ показывают одно и то же с небольшой разницей на величину потерь в фидере.

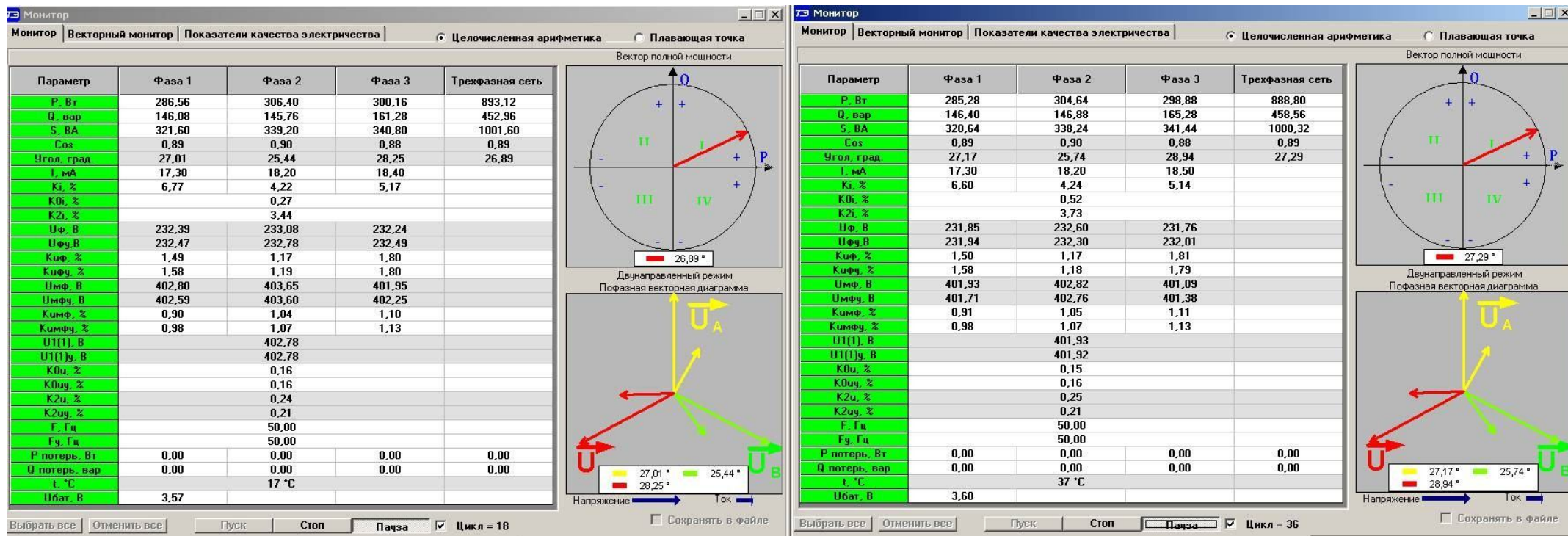


Рисунок 2 – РЭМ не работает при мощности нагрузки меньше 25 кВт

3 Работа РЭМ на рабочей нагрузке

На рисунке 3 показаны мгновенные значения параметров сети и нагрузки, измеренные счетчиками ТП и ВРУ при рабочей нагрузке и **принудительно отключенном РЭМ**. Из рисунка 3 следует, что счетчики в ТП и в ВРУ показывают одно и то же с разницей на величину потерь в фидере. И эта разница значительная. Так напряжение в каждой фазе в ВРУ упало на 10-12 В по сравнению с напряжением в ТП.

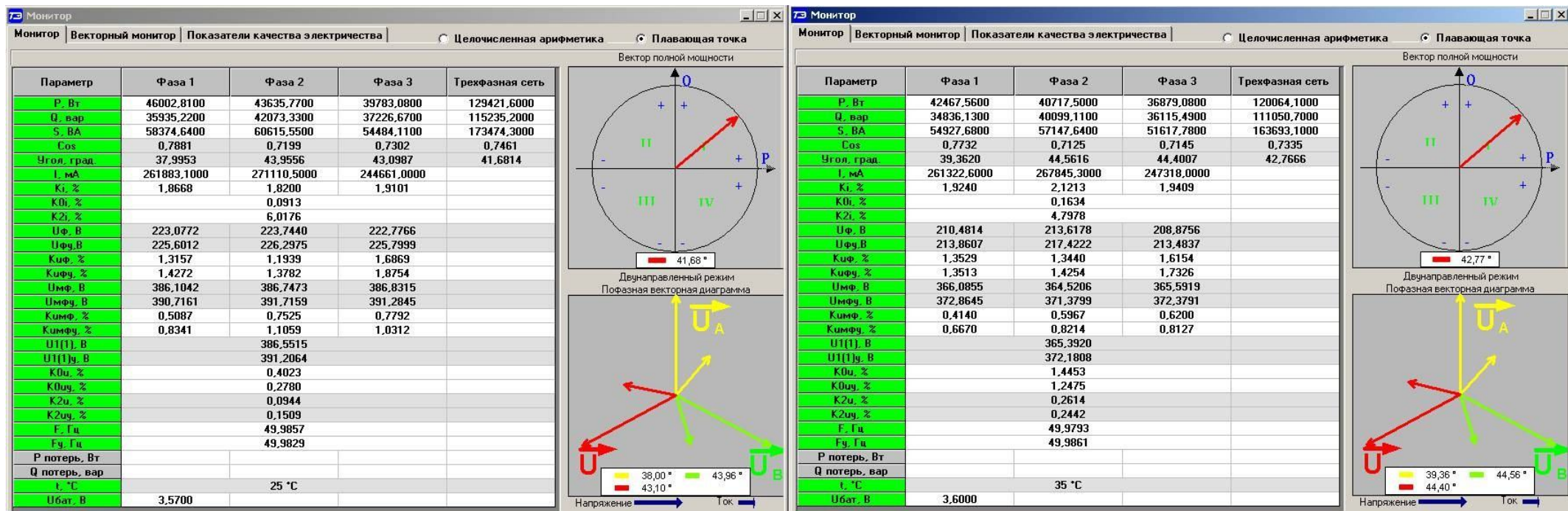


Рисунок 3 – Рабочая нагрузка, РЭМ принудительно отключен

На рисунке 4 показаны мгновенные значения параметров сети и нагрузки, измеренные счетчиками ТП и ВРУ, при рабочей нагрузке и включенном РЭМ.

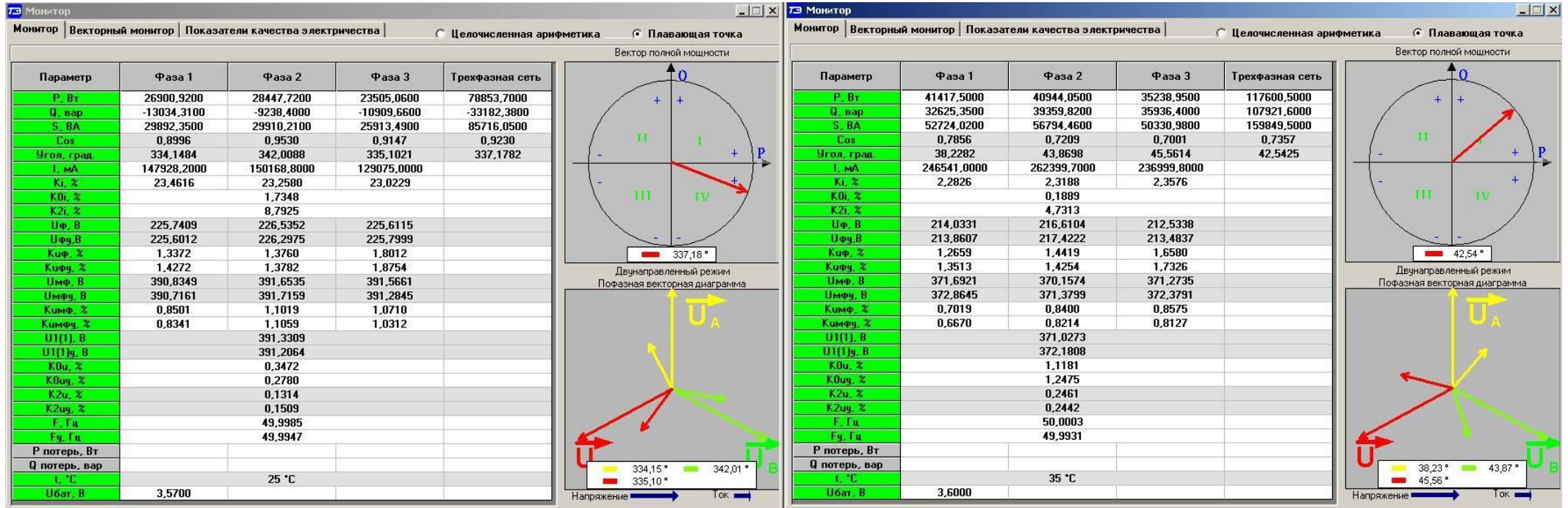


Рисунок 4 – Рабочая нагрузка, РЭМ включен

По параметрам, приведенным на рисунке 4, можно сделать вывод:

- Коэффициент активной мощности в ТП ($\cos \varphi$) увеличился с 0,74 до 0,92, но сменил знак. Произошла компенсация реактивной мощности, и характер нагрузки сменился с индуктивной на емкостной. Коэффициент активной мощности и характер нагрузки в ВРУ не изменились и остались теми же, что и при выключенном РЭМ.
- Суммарные коэффициенты гармонических составляющих фазных ($K_{и\varphi}$) и междуфазных ($K_{им\varphi}$) напряжений практически не изменились ни в ТП ни в ВРУ при выключенном и включенном РЭМ.
- Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока в ТП увеличился на 21 %. В ВРУ остался неизменным;
- Активная, реактивная и полная мощности значительно уменьшились на ТП. В ВРУ (на нагрузке) – остались практически без изменения.

На рисунке 5 показаны диаграммы получасового профиля мощности нагрузки на ТП и ВРУ при **отключенном РЭМ**.

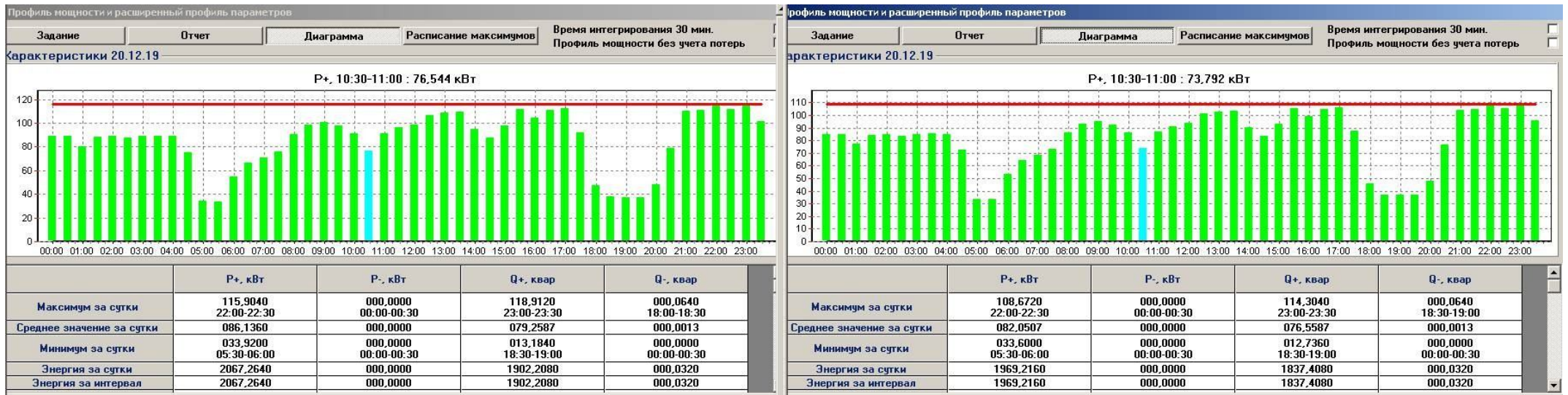


Рисунок 5 – Профиль активной мощности нагрузки при отключенном РЭМ

Из рисунка следует, что счетчики в ТП и ВРУ показывают одни и те же значения. Так, счетчик в ТП показывает среднюю за сутки активную мощность (P+) 86,136 кВт, а счетчик в ВРУ – 82,0507 кВт, т.е. на 4,053 кВт меньше, что можно отнести к потерям в фидере. Среднее значение реактивной мощности (Q+), фиксируемое счетчиком в ТП, составляет 79,2587 квар, а счетчиком в ВРУ – 76,5587, т.е. меньше на величину потерь в фидере.

На рисунке 6 показаны диаграммы получасового профиля мощности нагрузки в ТП и ВРУ при **включенном РЭМ**.

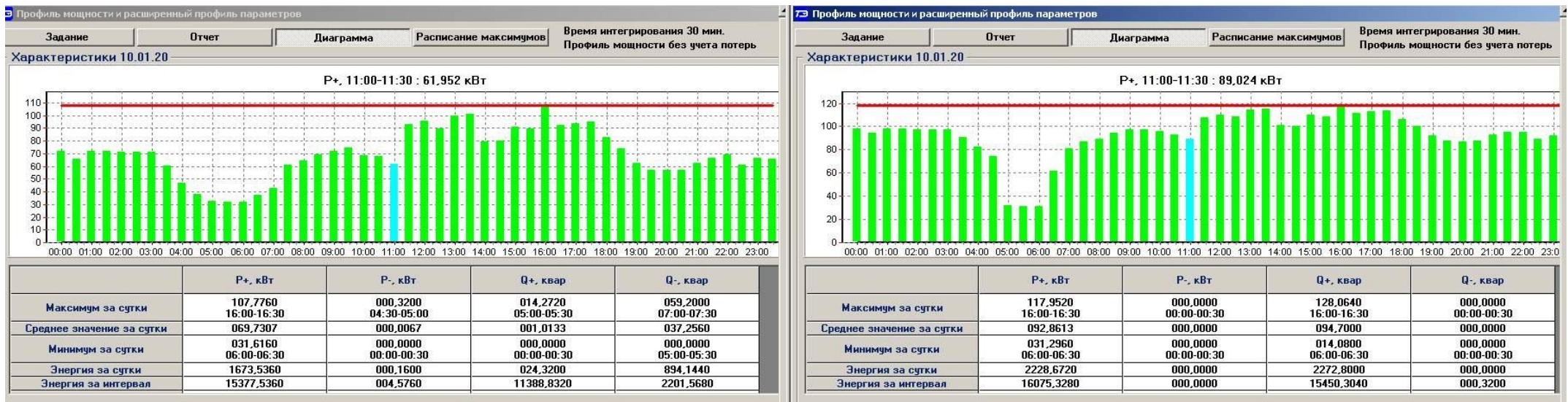


Рисунок 6 – Профиль активной мощности нагрузки при включенном РЭМ

Из рисунка следует, что среднее за сутки значение активной мощности ($P+$), фиксируемое счетчиком в ТП, составляет 69,7307 кВт, а счетчиком в ВРУ – 92,8613 кВт, что на 33,17 % выше, чем в ТП. Реактивная мощность в ВРУ носит индуктивный характер, как и в случае отключенного РЭМ, и составляет ($Q+$) 94,7 квар (среднее значение за сутки), а реактивная мощность в ТП приобрела емкостной характер и стала меньше ($Q-$) 37,256 квар.

Кроме того, из рисунка 6 следует, что счетчик в ТП зарегистрировал переток мощности ($P-$), с максимальным значением 0,32 кВт на интервале времени от 04:30 до 05:00. В это время активная мощность находилась вблизи порога отключения РЭМ (25 кВт). Аналогичная ситуация просматривается ежедневно в утренние часы, когда активная мощность находится вблизи порога отключения РЭМ. Счетчик в ВРУ переток не зарегистрировал, поскольку он порожден РЭМ.

Примечание – значение одноименных параметров, приведенных на рисунках 5 и 6, отличаются т.к. измерения проводились в разные дни.

На рисунках 7, 8, 9, 10 представлены диаграммы гармоник фазных и междуфазных напряжений в выключенном и включенном состоянии РЭМ. Из рисунков следует, что гармонический состав фазных и междуфазных напряжений в ТП и ВРУ практически не изменяется, как в выключенном, так и во включенном состоянии РЭМ.

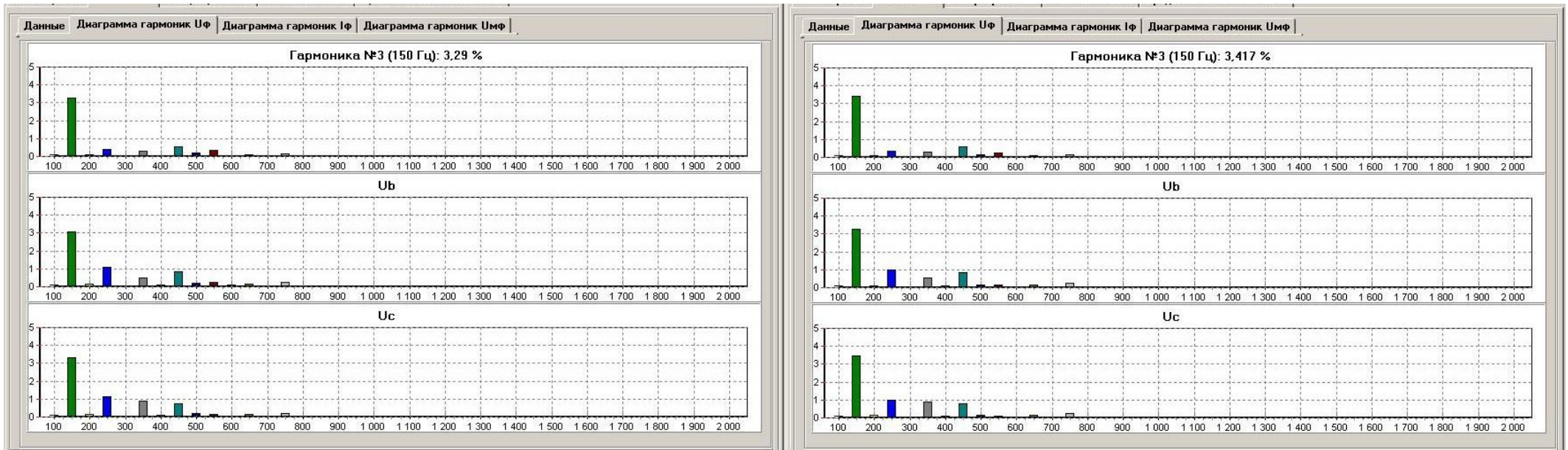


Рисунок 7 – Диаграмма гармоник фазных напряжений в выключенном состоянии РЭМ

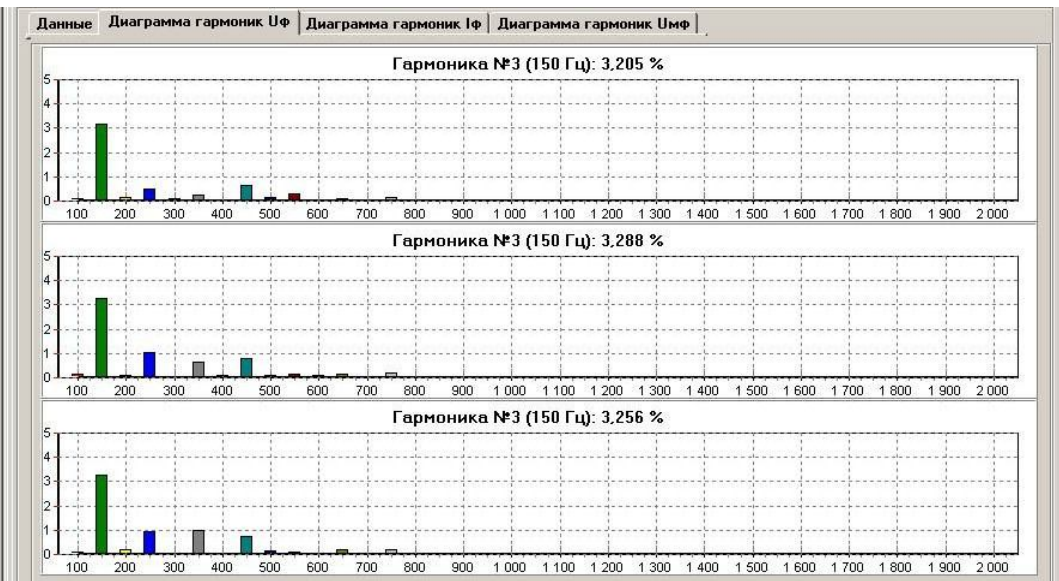
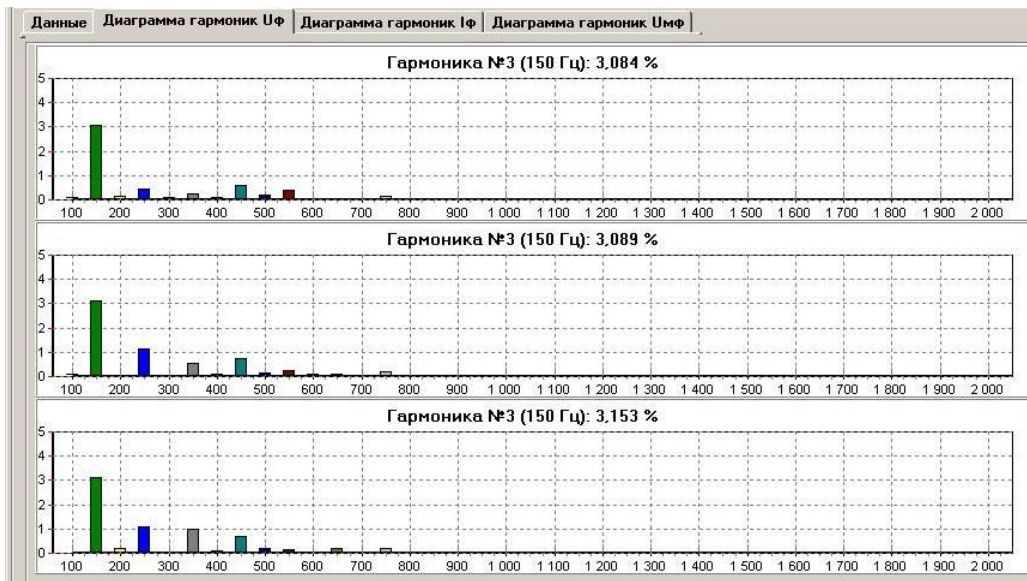


Рисунок 8 – Диаграмма гармоник фазных напряжений во включенном состоянии РЭМ

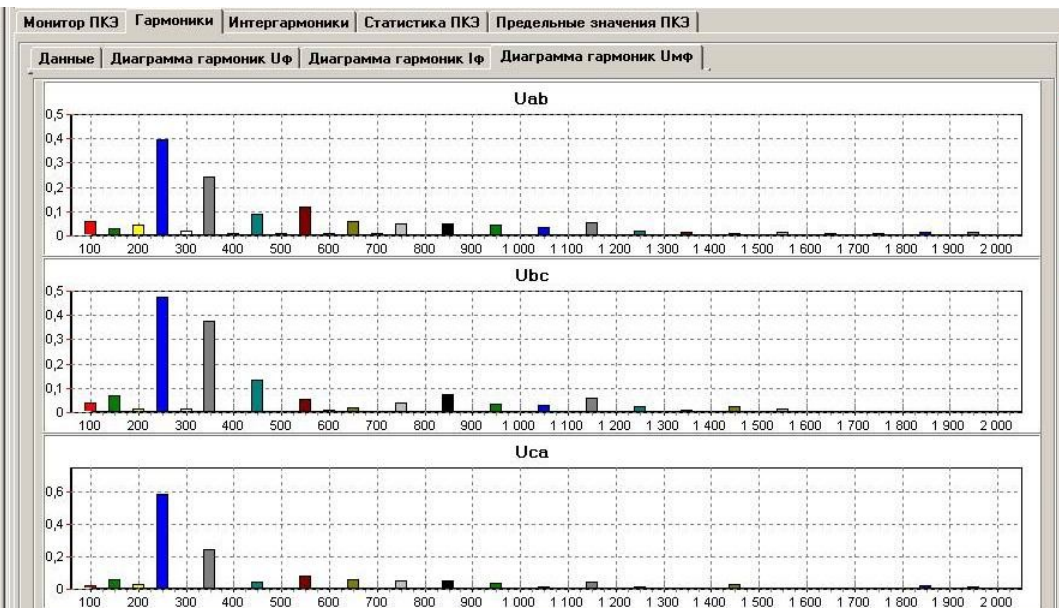
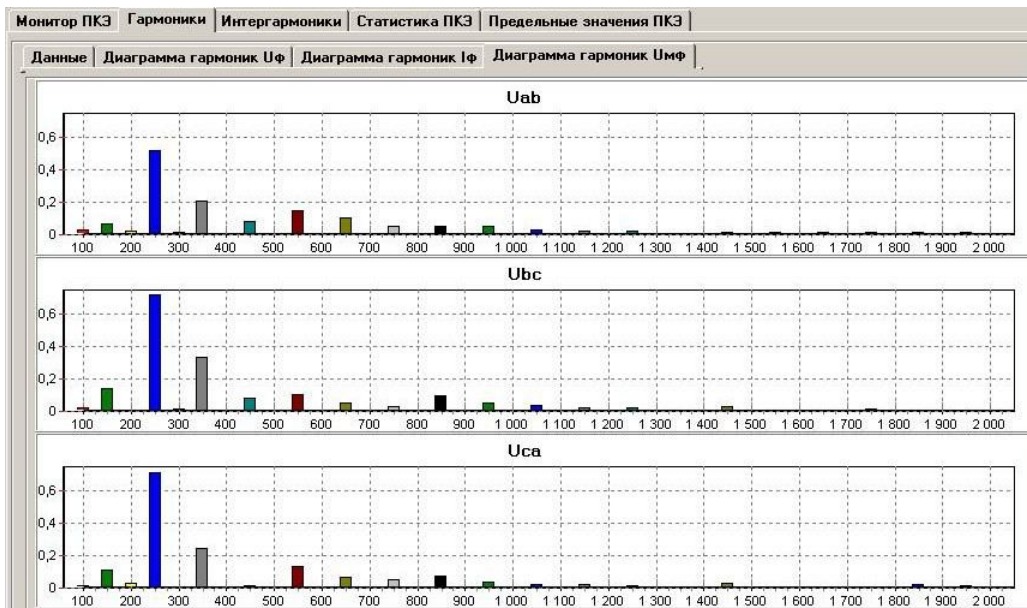


Рисунок 9 – Диаграмма гармоник междуфазных напряжений в выключенном состоянии РЭМ

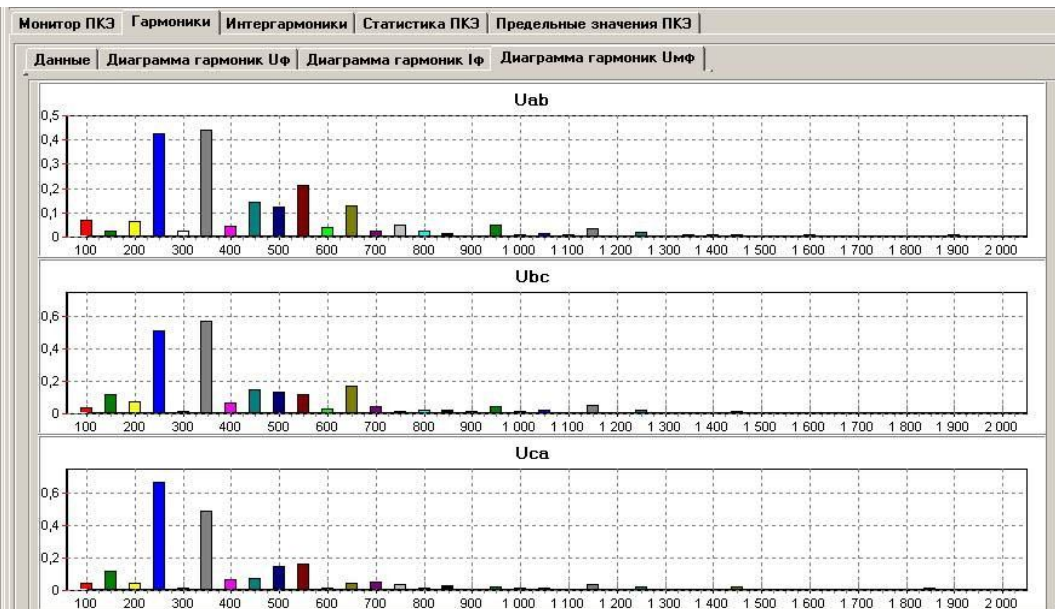
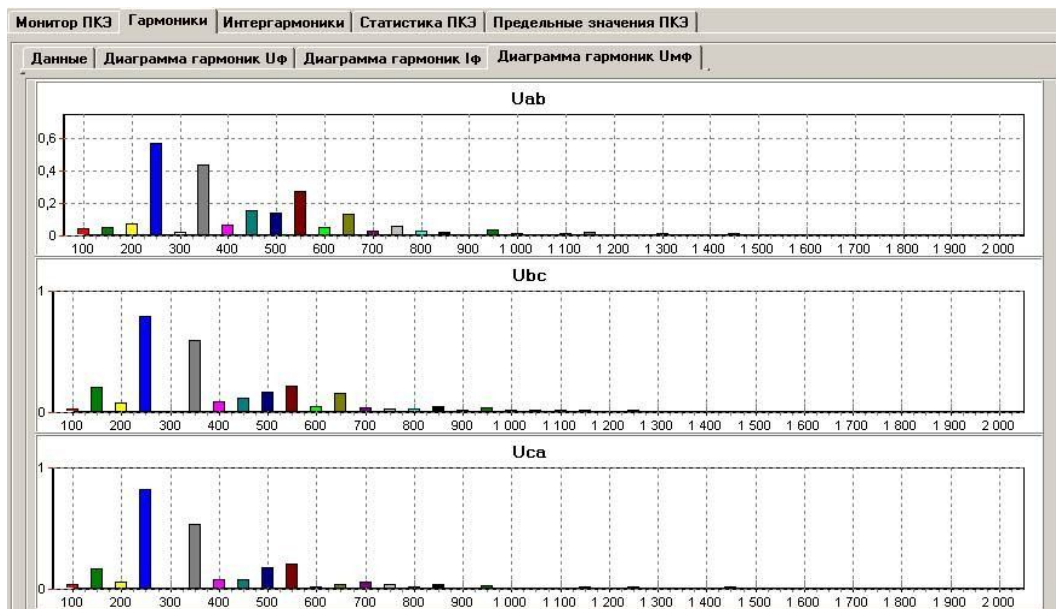


Рисунок 10 – Диаграмма гармоник междуфазных напряжений во включенном состоянии РЭМ

На рисунке 11 представлена диаграмма гармоник тока в выключенном состоянии РЭМ, а на рисунке 12 – во включенном состоянии РЭМ. Из рисунков 11, 12 следует, что во включенном состоянии РЭМ изменился гармонический состав тока, протекающего через счетчик ТП (Wh1). Это в основном коснулось второй гармоники тока, которая выросла на 20 %. Гармонический состав тока в ВРУ практически не изменился как в выключенном, так и во включенном состоянии РЭМ.

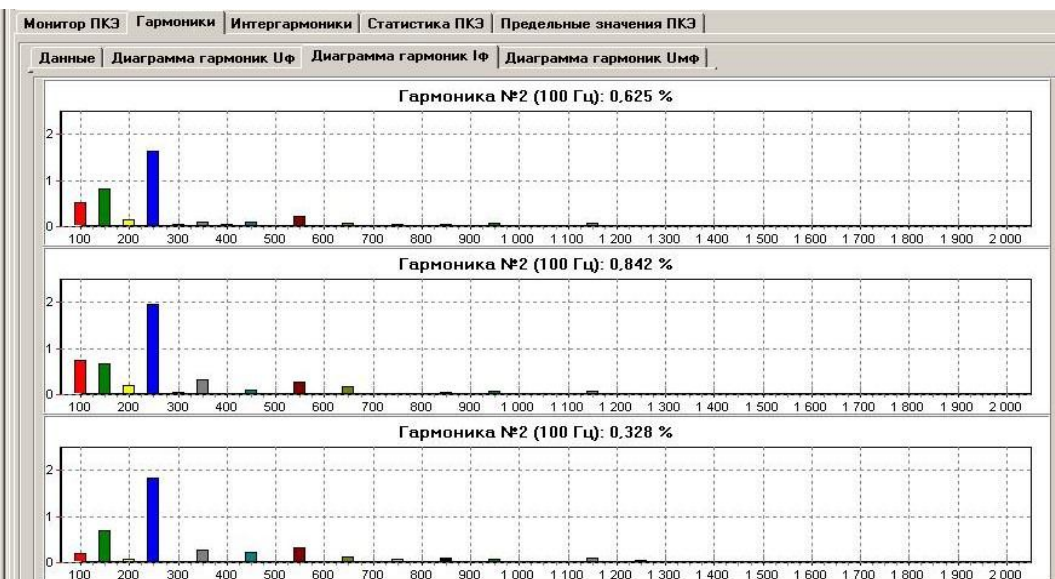
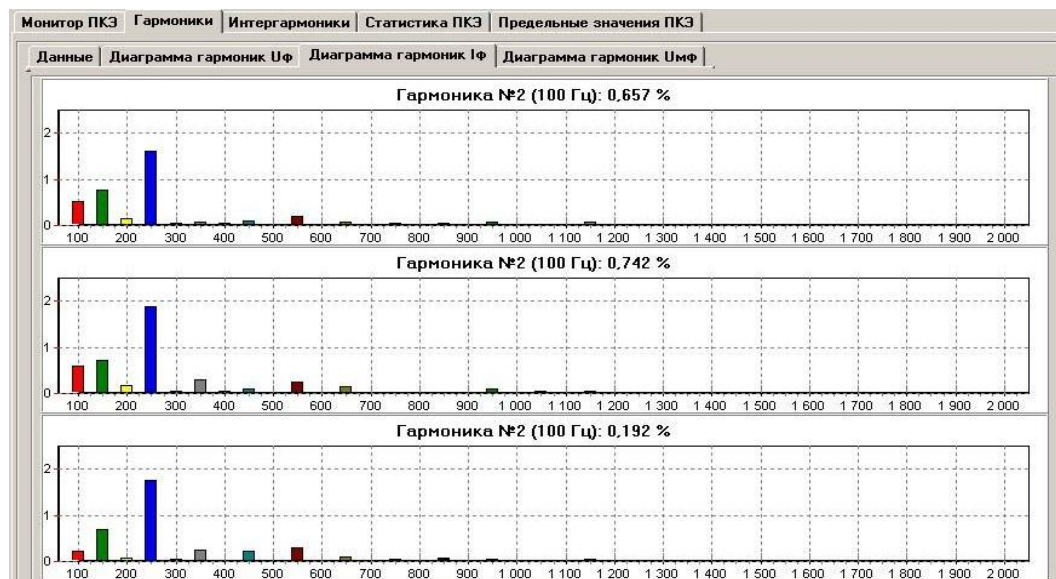


Рисунок 11 - Диаграмма гармоник тока в выключенном состоянии РЭМ

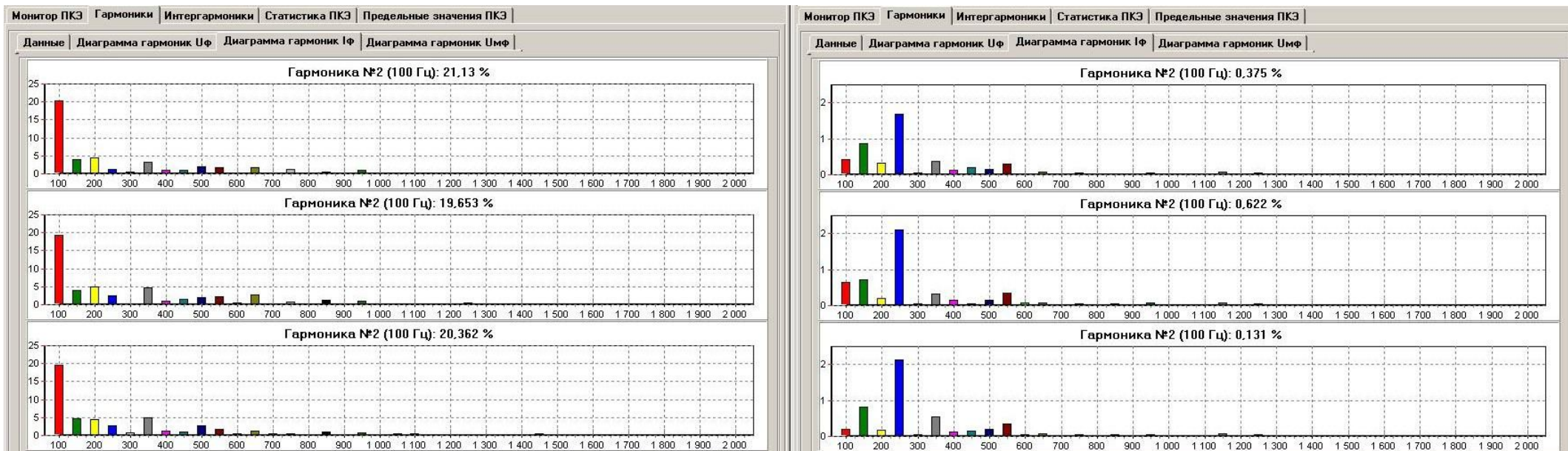


Рисунок 12 - Диаграмма гармоник тока во включенном состоянии РЭМ

На рисунках 13, 14, 15, 16 представлены диаграммы интергармоник фазных и междуфазных напряжений в выключенном и включенном состоянии РЭМ. Из рисунков следует, что интергармонический состав фазных и междуфазных напряжений в ТП и ВРУ практически не изменяется, как в выключенном, так и во включенном состоянии РЭМ.

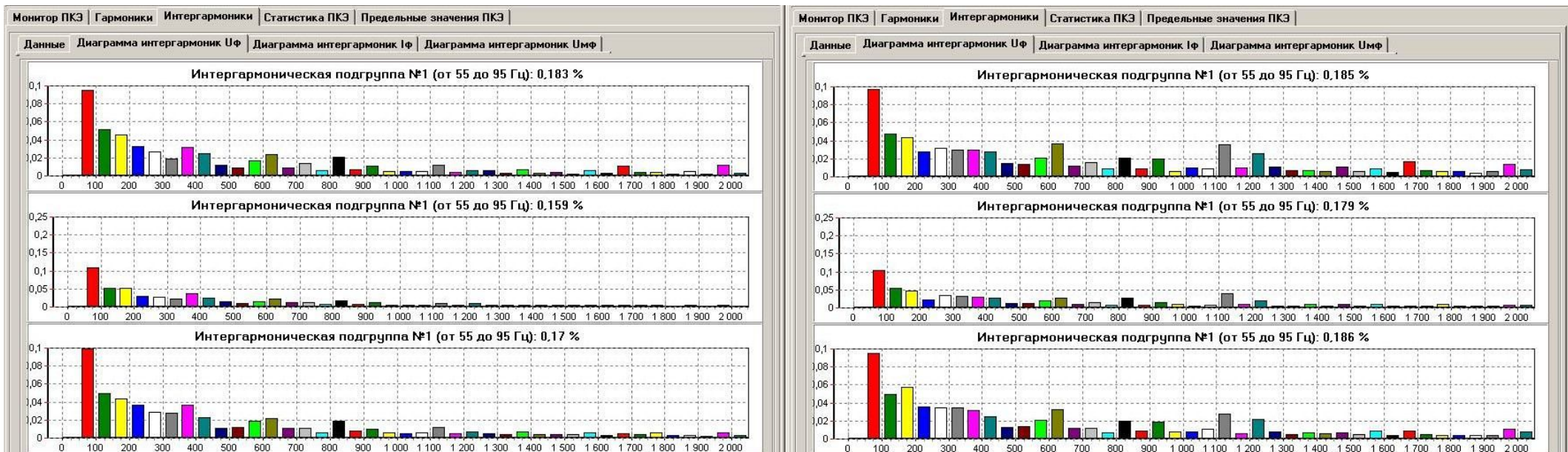


Рисунок 13 - Диаграмма интергармоник фазных напряжений в выключенном состоянии РЭМ

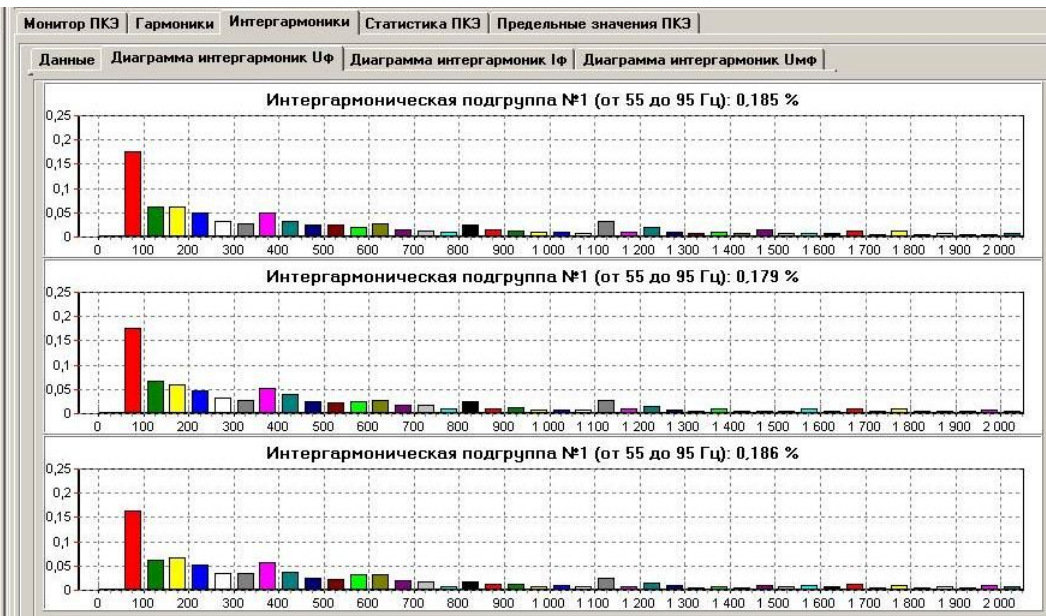
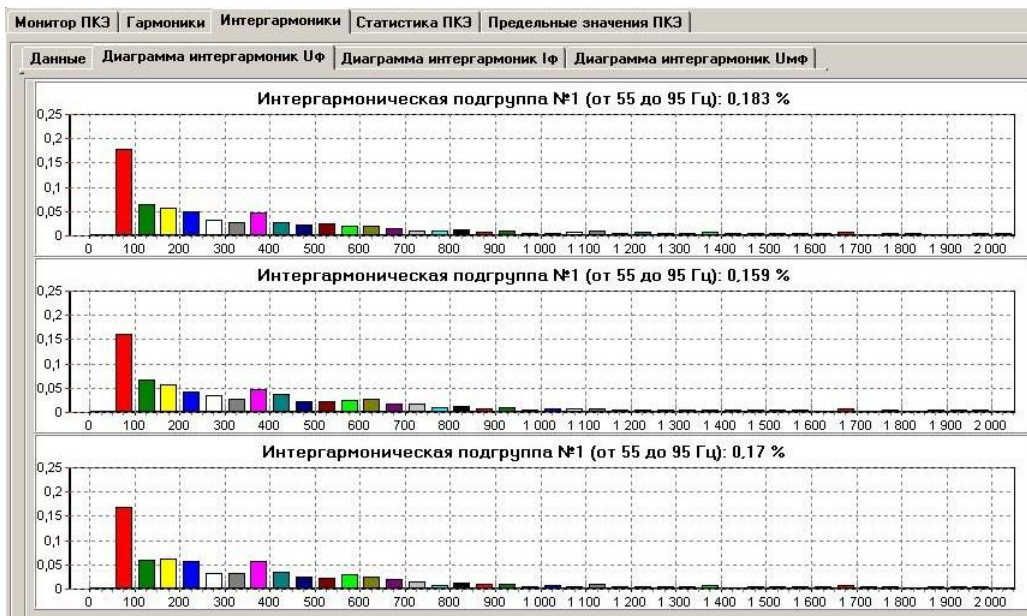


Рисунок 14 - Диаграмма интергармоник фазных напряжений во включенном состоянии РЭМ

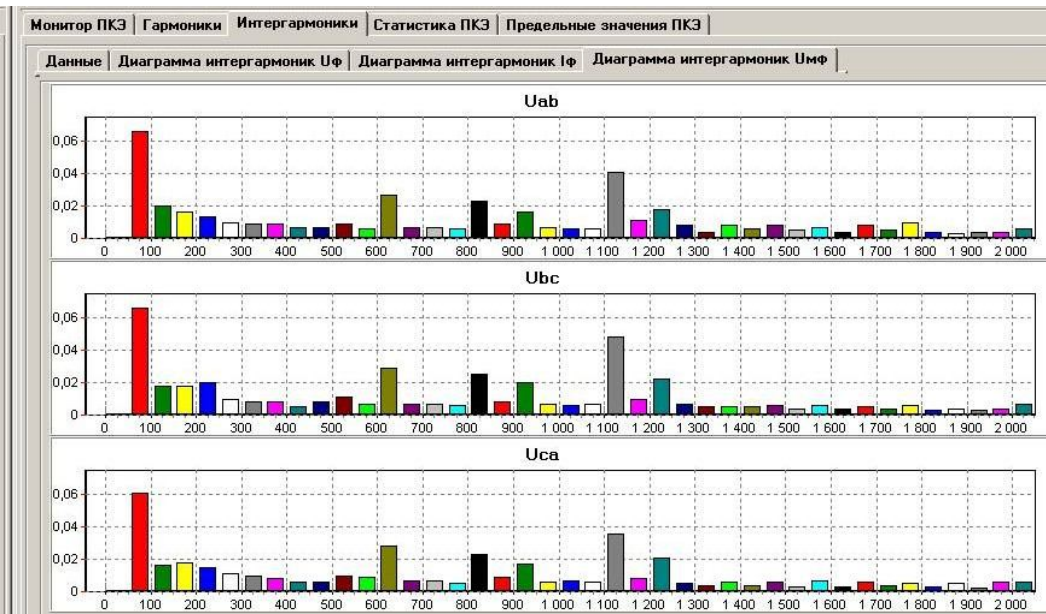
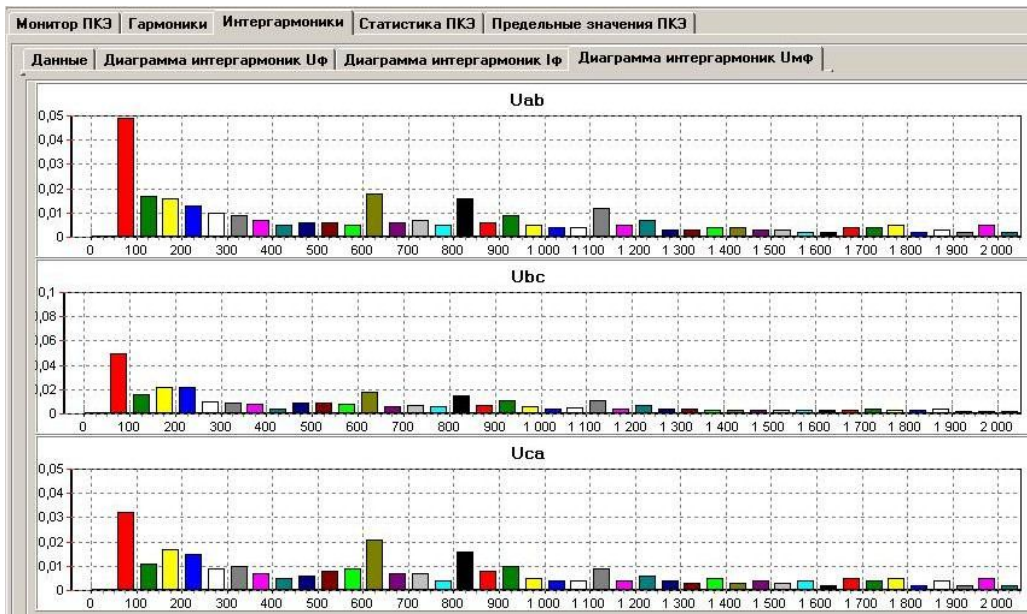


Рисунок 15 - Диаграмма интергармоник междуфазных напряжений в выключенном состоянии РЭМ

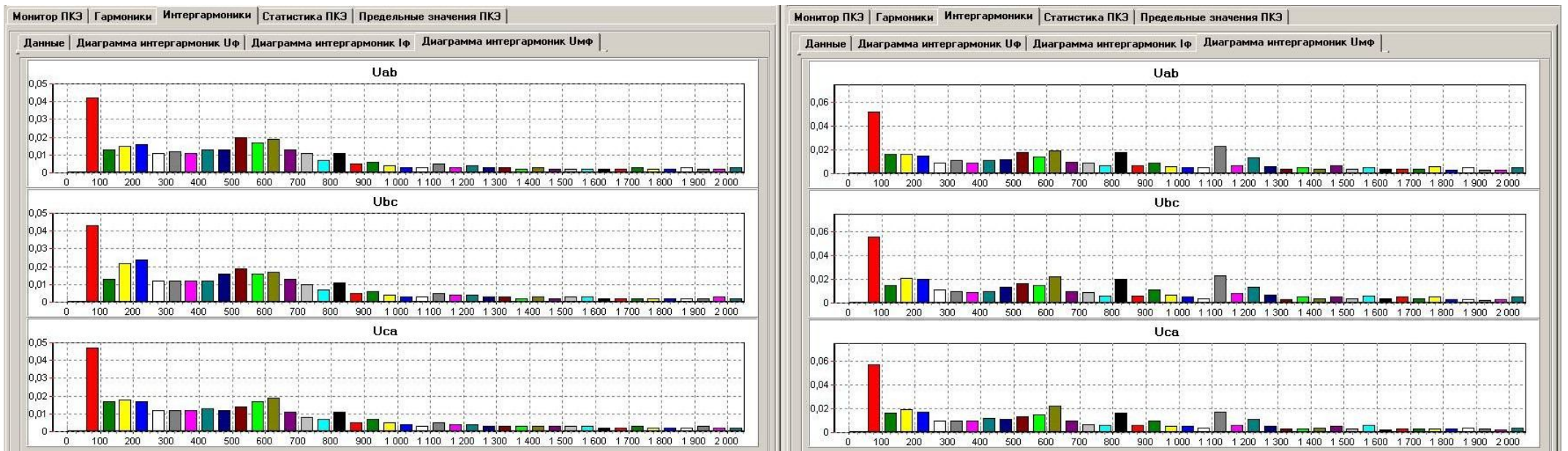


Рисунок 16 - Диаграмма интергармоник междуфазных напряжений во включенном состоянии РЭМ

На рисунках 17, 18 представлены диаграммы интергармоник тока в выключенном и включенном состоянии РЭМ. Из рисунков следует, что интергармонический состав тока в ТП и ВРУ практически не изменяется, как в выключенном, так и во включенном состоянии РЭМ.

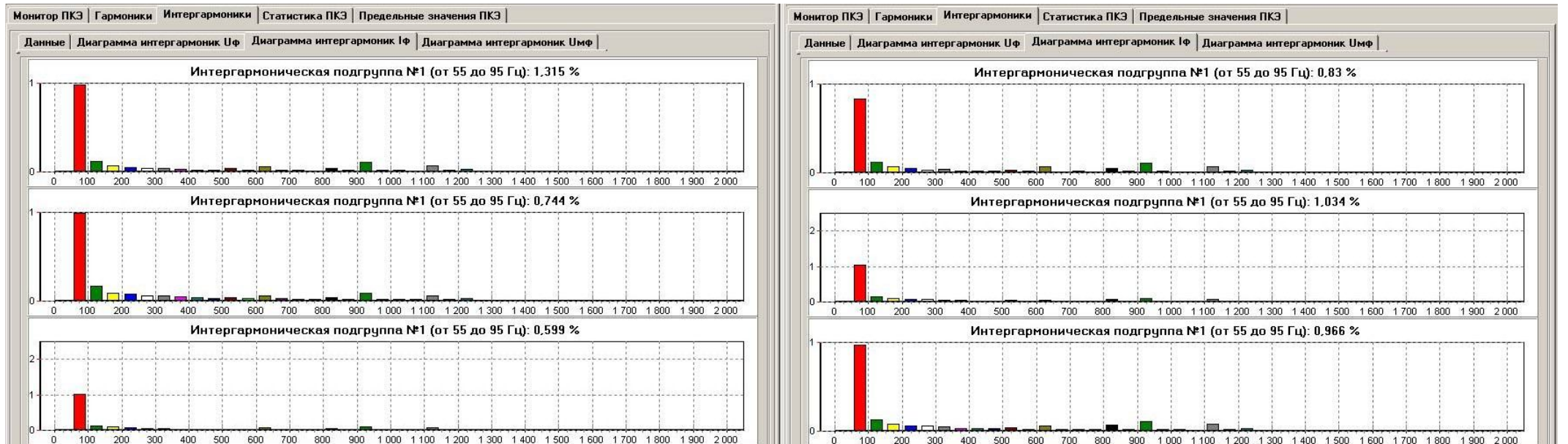


Рисунок 17 - Диаграмма интергармоник тока в выключенном состоянии РЭМ

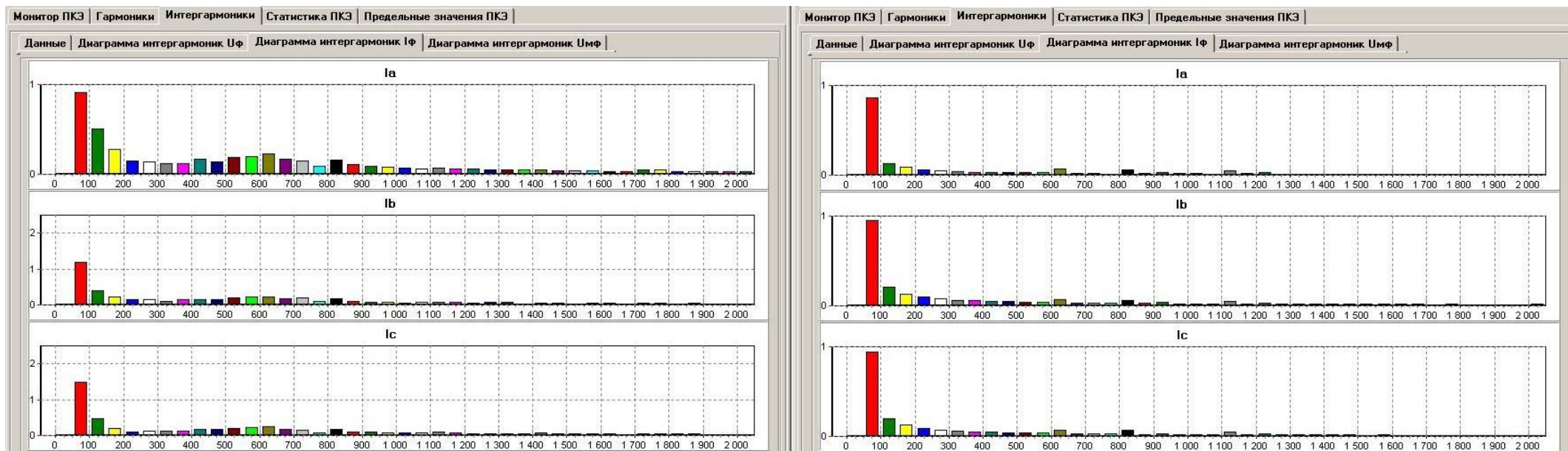


Рисунок 18 - Диаграмма интергармоник тока во включенном состоянии РЭМ

4 Протоколы испытания ПКЭ на ТП (Wh1)

В документах «Протокол испытаний электрической энергии №32 от 22_01_20 11 05 57 за 20.12.19», «Протокол испытаний электрической энергии №34 от 21_01_20 19 20 53 за 16.01.20», «Протокол испытаний электрической энергии №33 от 21_01_20 19 17 13 за 17.01.20» приведены протоколы испытаний ПКЭ в точке поставки (ТП, Wh1) по результатам суточного мониторинга 20.12.2019 г., 16.01.2020 г., 17.01.2020 г., **когда РЭМ был выключен.**

В документах «Приложение 1 к протоколу №32 от 22_01_20 11 05 57 за 20.12.19», «Приложение 1 к протоколу №34 от 21_01_20 19 20 53 за 16.01.20», «Приложение 1 к протоколу №33 от 21_01_20 19 17 13 за 17.01.20» приведены данные измерений ПКЭ за 20.12.2019 г., 16.01.2020 г., 17.01.2020 г., **когда РЭМ был выключен.**

В документах «Протокол испытаний электрической энергии №34 от 22_01_20 11 12 50 за 17.12.19», «Протокол испытаний электрической энергии №35 от 22_01_20 11 18 09 за 10.01.20», «Протокол испытаний электрической энергии №31 от 22_01_20 10 28 22 за 21.01.20» приведены протоколы испытаний ПКЭ в точке поставки (ТП, Wh1) по результатам суточного мониторинга 17.12.2019 г., 10.01.2020 г., 21.01.2020 г., **когда РЭМ был включен.**

В документах «Приложение 1 к протоколу №34 от 22_01_20 11 12 50 за 17.12.19», «Приложение 1 к протоколу №35 от 22_01_20 11 18 09 за 10.01.20», «Приложение 1 к протоколу №31 от 22_01_20 10 28 22 за 21.01.20» приведены данные измерений ПКЭ за 17.12.2019 г., 10.01.2020 г., 21.01.2020 г., **когда РЭМ был включен.**

Все параметры качества как во включенном, так и в выключенном состоянии РЭМ не превышают норм, установленных в ГОСТ 32144-2013.

РЭМ увеличивает 15-ю гармонику напряжения в точке поставки (выделено маркером в Приложениях 1 к Протоколам измерений), но при этом параметр T1 не превышает 5 %, что соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013.

5 Выводы

По результатам исследования работы регенератора электрической мощности РЭМ-50 на реальном объекте со средней потребляемой мощностью 50-80 кВт можно сделать следующие выводы:

К достоинствам РЭМ следует отнести:

- 1 РЭМ не оказывает влияние на работу счетчиков электроэнергии и может эксплуатироваться со счетчиками серий: ТЕ3000, ТЕ2000, ТЕ1000. СЭТ-4ТМ... ПСЧ-3ТМ., ПСЧ-4ТМ.... СЭБ-1ТМ....;
- 2 РЭМ практически не вносит изменений в гармонический и интергармонический состав фазных и междуфазных напряжений;
- 3 РЭМ уменьшает величину тока, активной, реактивной и полной мощности в точке поставке (ТП) до 30 % без изменения соответствующих параметров в точке приема (ВРУ);
- 4 Показатели качества электроэнергии в точке поставки и в точке приема при включенном РЭМ соответствуют нормам, приведенным в ГОСТ 32144-2013.

Заместитель начальника СКВ «ТехноЭнерго»

Главный инженер ООО «ТехноЭнерго»



А. Л. Южук

Ю. В. Санников

22 января 2020 г.