

ОПЫТ КОМПАНИИ В СФЕРЕ КРМ И КЭЭ:

- Участие в проектах Украины по внедрению устройств динамической компенсации реактивной мощности SVG-STATCOM;
- Проведение инструментально-технического обследования параметров электрических сетей > 6 кВ;
- Реализация проектов по технико-экономическому обоснованию и последующей реконструкции устаревших систем КРМ;
- Работы по обследованию сетей и разработке систем компенсации реактивной мощности;
- Компания обладает обширным опытом работы с европейскими и азиатскими компаниями, подход и инструменты для профессионального проведения проектных работ.

Мы работаем в партнерстве с ведущими мировыми брендами:



Україна,
04655, м. Київ,
вул. Богатирська,
буд. 3С

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ

ЕКНІС-ІНЖИНІРИНГ

ПЛАКСІН

Дмитро Едуардович

Начальник відділу систем КРП та ЯЕЕ

тел.: +38 (044) 581-63-07

факс: +38 (044) 581-63-06

моб.: +38 (050) 445 98 97

e-mail: d.plaksin@eknis.net

web: <http://www.eknis.net>

СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

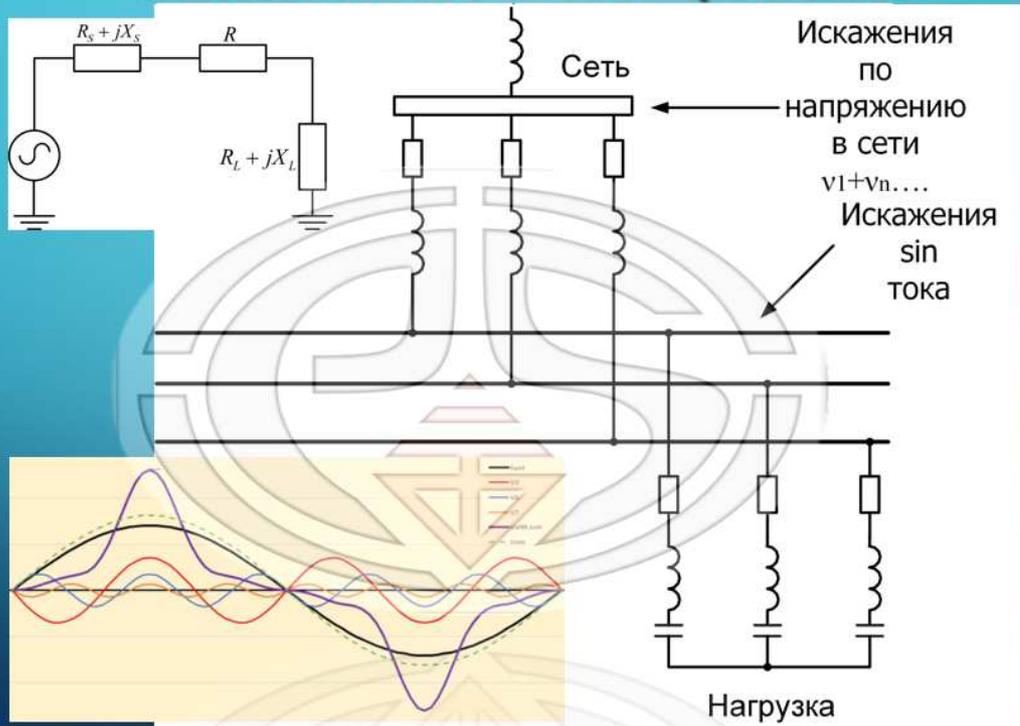
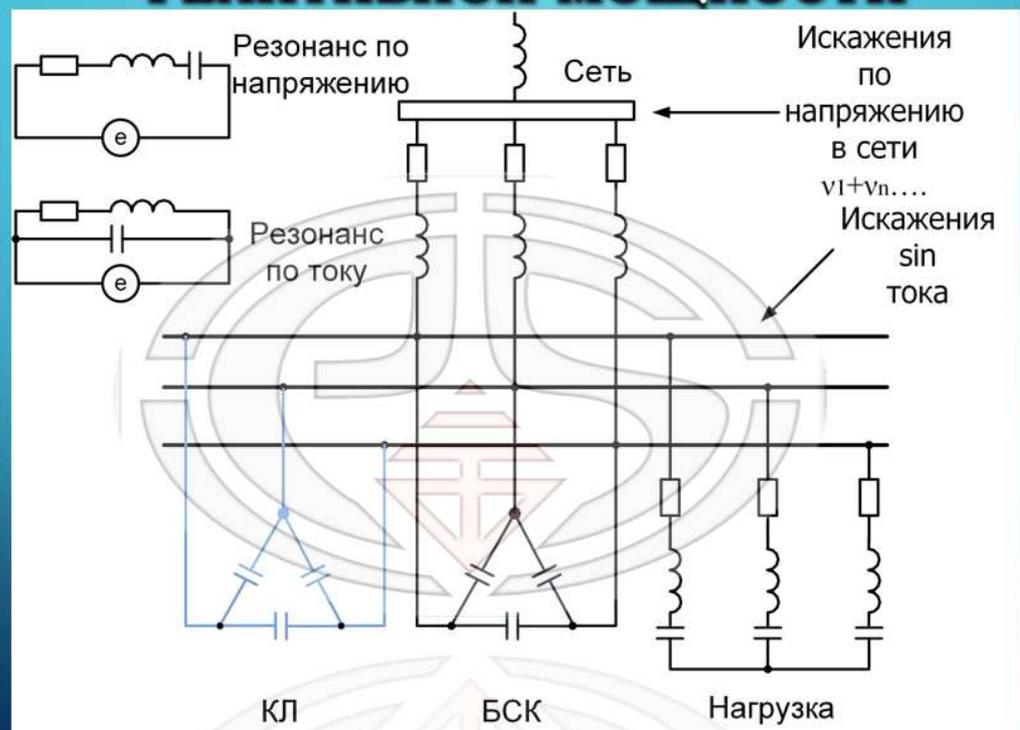


СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

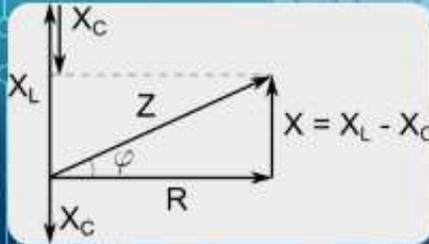
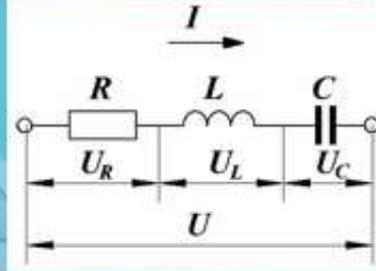


ФОРМУЛА ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ

Элементы цепи:

- активное сопротивление R ,
- индуктивное сопротивление $X_L = \omega \cdot L$
- ёмкостное сопротивление $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

Полное сопротивление цепи переменного тока Z :

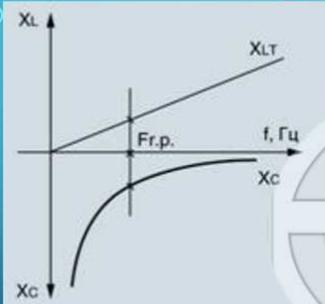
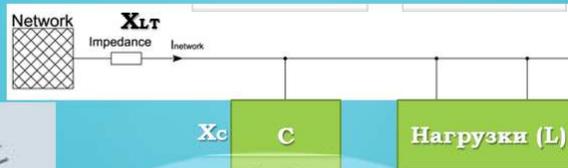


Векторная диаграмма

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$$

Схема замещения

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНОЙ ГАРМОНИКИ



Порядок ВГС на резонансной частоте может быть получен из формулы:

$$n \approx \sqrt{\frac{X_C}{X_V}} = \sqrt{\frac{S_K}{Q_C}}$$

где:

X_C = реактивное сопротивление конденсаторной батареи по основной гармонике;

X_V = реактанс сети по основной гармонике;

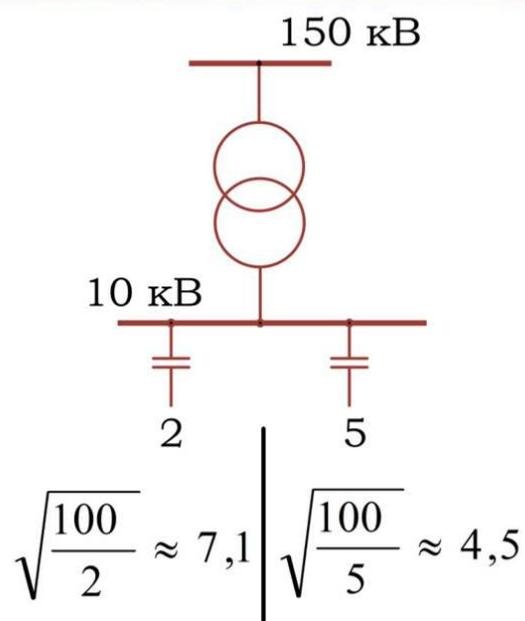
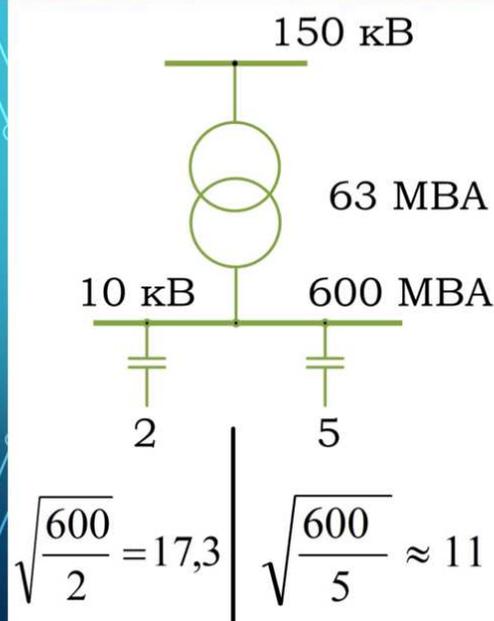
S_K = мощность к.з. системы (МВА);

Q_C = мощность батареи (МВАр) при номинальном напряжении.

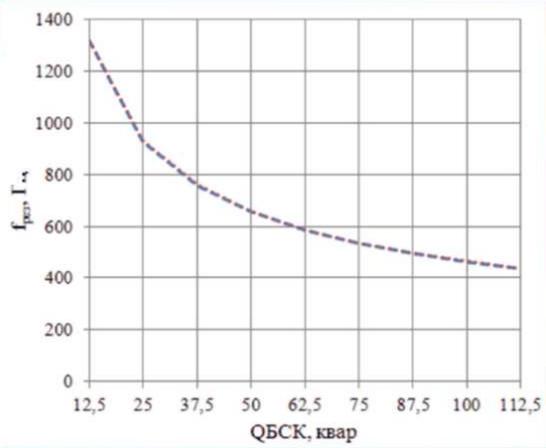
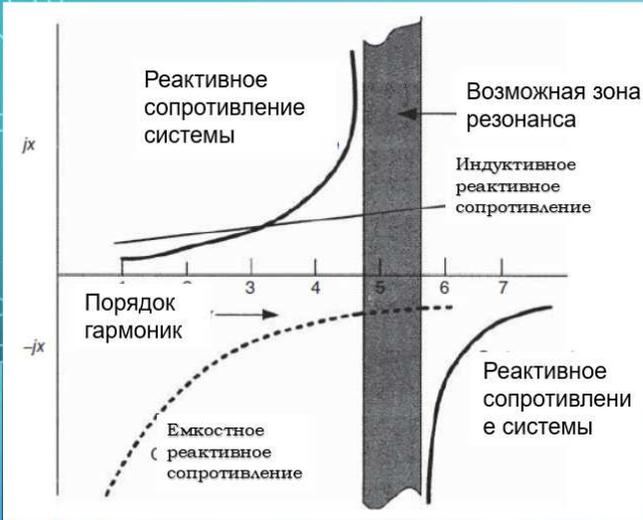
При частоте $F_{r.p.}$ имеют место параллельный резонанс

S_K - должна учитываться в диапазоне мин-макс, при этом учитывается диапазон области резонанса

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНОЙ ГАРМОНИКИ

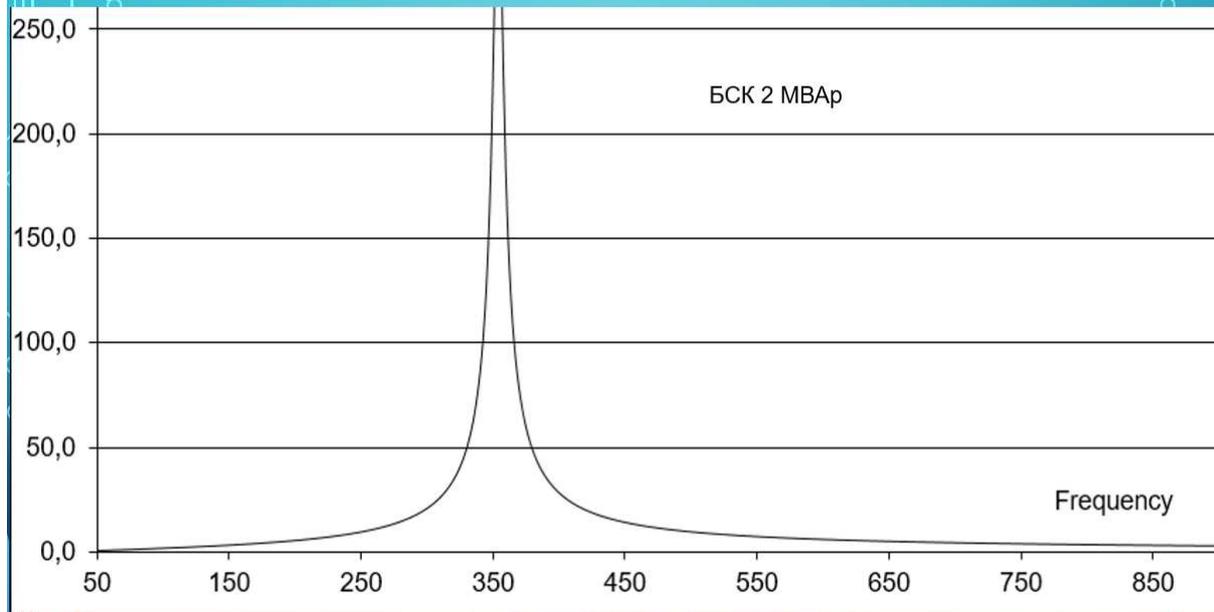


РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

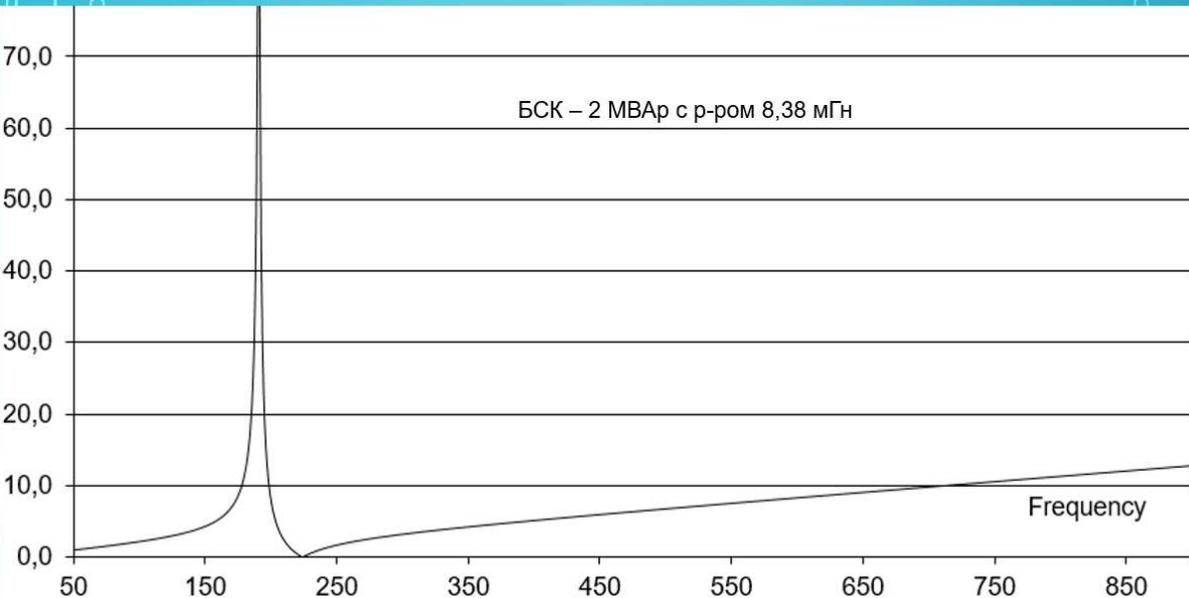


Пример графика зависимости резонансной частоты от степени компенсации реактивной мощности

РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ



РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ



РЕКОМЕНДАЦИИ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО РАБОТЕ С ОБОРУДОВАНИЕМ КРМ

Power and productivity
for a better world™



Высшие гармоники есть не только в промышленных электросетях, но также могут распространяться в распределительные сети и вызывать проблемы у других потребителей электроэнергии. Основными проблемами являются:

- перегрузка конденсаторов, которая ведет к появлению неисправностей и преждевременному выходу из строя;
- рост потерь из-за того, что оборудование функционирует при повышенных температурах;
- резонансные явления, которые возникают между индуктивными и емкостными элементами сети;
- неисправности систем управления;
- помехи в работе телекоммуникационного и компьютерного оборудования;
- неполадки в высокочастотных системах управления;
- большие токи в нейтральных проводниках.

Применение конденсаторов может снизить резонансную частоту сети до значения, при котором возникнет резонанс. При резонансе амплитуда тока в сети многократно возрастает, что может вывести из строя конденсаторы.

Решение этой проблемы состоит в изменении резонансной частоты в точке подключения конденсаторов. Обычно данный прием называют «отстройкой» и состоит он в применении антирезонансных реакторов.

POWER SYSTEM
HARMONICS AND PASSIVE
FILTER DESIGNS



J.C. DAS

Гармоники, исходящие от их источника, распространяются в энергосистемах, и их влияние может присутствовать на расстоянии. В этом процессе гармоники можно либо усилить, либо ослабить. Конденсаторные батареи в энергосистеме являются основным источником гармонических усиленных и искаженных формы сигналов.

Гармоники генерируются не только нелинейными нагрузками с электронным управлением, но и обычным силовым оборудованием, таким как трансформаторы, двигатели и генераторы. Насыщение при нормальной работе и переходные процессы переключения приведут к возникновению гармоник.

Уровень короткого замыкания в системе не является фиксированным.

Резонансная частота в системе будет колебаться.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ И КОНДЕНСАТОРНЫЕ БАТАРЕИ



NOKIA CAPACITORS НА НАПРЯЖЕНИЕ ВЫШЕ 1000 В

Руководство по эксплуатации
OR90001RU

2.1.6 Высшие гармонические составляющие тока и напряжения

Если ВГС (высшие гармонические составляющие) генерируются в сети, то необходимо исключить резонанс между емкостью конденсаторной батареи и реактансом сети по всем существующим ВГС. Реактанс сети (мощность к.з.) может значительно измениться при изменении конфигурации сети. Наиболее общий случай - наличие 3, 5, 7, 11 и 13 ВГС.

ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ (КРМ) :

При проектировании не учитываются имеющиеся уровни высших гармонических составляющих (ВГС) в существующей сети;

Не берутся во внимание высшие гармонические составляющие и резонансные частоты.

- Не проводится расчет влияния устройства компенсации на уровни высших гармонических составляющих напряжения и тока;
- Определение областей резонансов и величины повышения гармоник в данных областях;
- Не выполняется проверка соблюдения требований к качеству электрической энергии в соответствии ДСТУ EN-50160 и ГОСТ 13109-97.
- Не учитывается влияние резонансных гармоник на конденсаторные установки.

ДЕЙСТВУЮЩИЕ СТАНДАРТЫ:



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРУГИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ
ЗАГАЛЬНОЇ ПРИЗНАЧЕНОСТІ
(EN 50160:2010, IDT)

ДСТУ EN 50160:2014

ГОСТ 13109—97

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ.
СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

НОРМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕГО
НАЗНАЧЕНИЯ

Издание официальное

ДЕЙСТВУЮЩИЕ СТАНДАРТЫ:

ПУЕ:

5.6.11. При виборі вимикача конденсаторної батареї повинна враховуватися наявність паралельно включених (наприклад, на загальні шини) конденсаторних батарей. При необхідності повинні бути виконані пристрої, що забезпечують зниження поштовхів струму в момент включення батареї.

5.6.18. У випадках, коли можливе перевантаження конденсаторів струмами вищих гармонік, повинен бути передбачений релейний захист, який відключає конденсаторну установку з витримкою часу при діючому значенні струму для одиничних конденсаторів, що перевищує 130% номінального.

Стандарт IEEE 519-2014

«Рекомендуемая практика и требования к контролю гармонических составляющих в электроэнергетических системах»

Найбільші гармонійні спотворення струму в процентах до I_{ϕ} для мереж 120 В – 69 кВ						
Рівні окремих гармонійних складових (для непарних гармонійних)						
$I_{h,rms}/I_{\phi}$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Найбільші гармонійні спотворення струму в процентах до I_{ϕ} для мереж понад 69 кВ, до 161 кВ						
Рівні окремих гармонійних складових (для непарних гармонійних)						
$I_{h,rms}/I_{\phi}$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
< 20	2,0	1,0	0,75	0,3	0,15	2,5
20 < 50	3,5	1,75	1,25	0,5	0,25	4,0
50 < 100	5,0	2,25	2,0	0,75	0,35	6,0
100 < 1000	6,0	2,75	2,5	1,0	0,5	7,5
> 1000	7,5	3,5	3,0	1,25	0,7	10,0

Найбільші гармонійні спотворення струму в процентах до I_{ϕ} для мереж понад 161 кВ						
Рівні окремих гармонійних складових (для непарних гармонійних)						
$I_{h,rms}/I_{\phi}$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
< 25	1,0	0,5	0,38	0,15	0,1	1,5
25 < 50	2,0	1,0	0,75	0,3	0,15	2,5
≥ 50	3,0	1,5	1,15	0,45	0,22	3,75

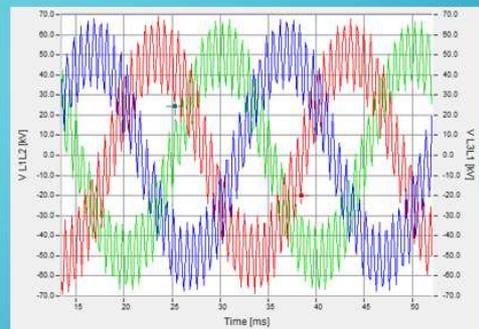
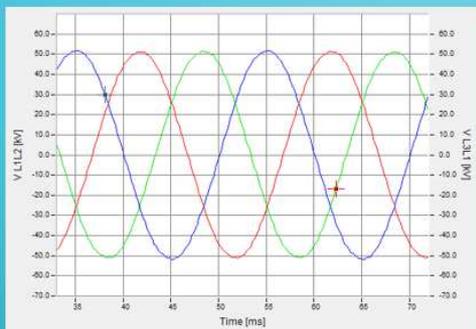
* - чётные гармоники ограничиваются уровнем 25% относительно значений приведенных выше, для нечётных.

I_{K3} – максимальный ток короткого замыкания в точке общего присоединения.

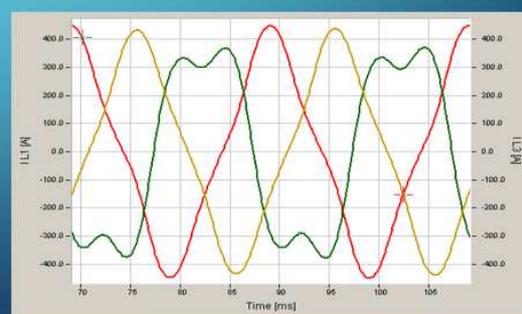
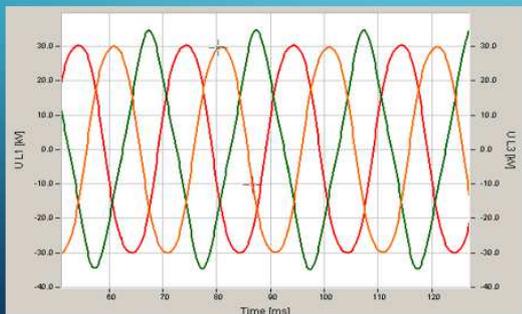
I_{ϕ} – максимальный расчётный ток нагрузки/генерации (на основной частоте).

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ФОРМУ ВОЛНЫ:

ВЧ - резонанс



Резонанс на 3-й ВГС в сети 35 кВ



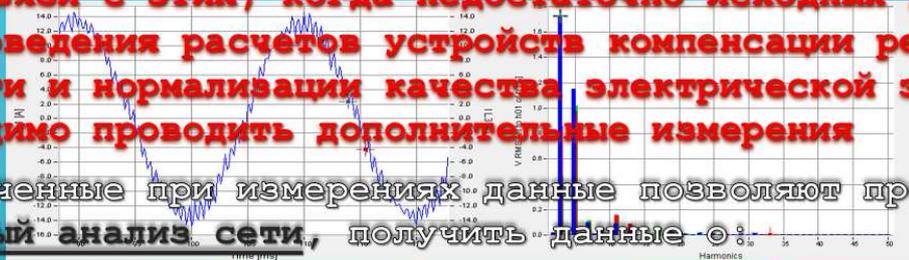
ПОСЛЕДСТВИЯ:



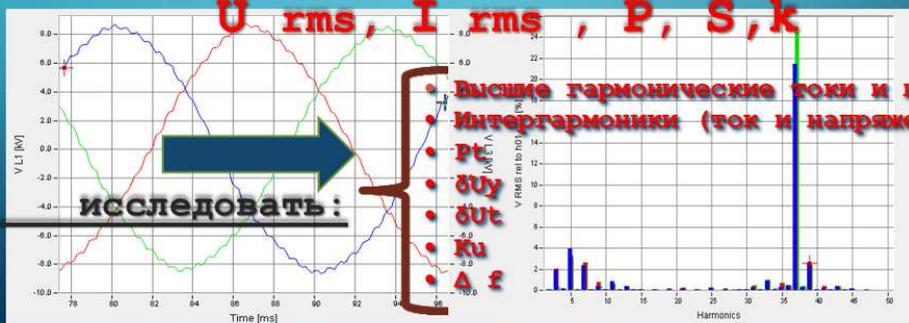
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КРМ

В связи с этим, когда недостаточно исходных данных для проведения расчетов устройств компенсации реактивной мощности и нормализации качества электрической энергии необходимо проводить дополнительные измерения

Полученные при измерениях данные позволяют провести **детальный анализ сети, получить данные**



U_{rms} , I_{rms} , P , S , k



- Высшие гармонические токи и напряжения
- Интергармоники (ток и напряжение)
- P
- S
- k
- $\Delta \varepsilon$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

**ЗАДАВАЙТЕ ВАШИ ВОПРОСЫ,
ПОЖАЛУЙСТА.**