



Выбор устройств компенсации реактивной мощности

Выбор и разработка системы компенсации реактивной мощности сводится к следующим этапам определения:

1. Общих исходных параметров - оптимальное место включения, назначения системы (индивидуальная, групповая, локально-групповая) и типа, в зависимости от нагрузки (статическая, динамическая, со ступенчатым или плавным регулированием генерируемой мощности).

2. Необходимой генерируемой мощности системы, мощности регулирования и/или величины ступеней.

3. Необходимости решения сопутствующих вопросов – стабилизации напряжения, снижения уровня гармонических составляющих, снижения динамических толчков, симметрирования напряжения, провалов напряжения при пуске мощных машин и т.п.

4. Необходимости предотвращения возможных резонансных явлений, исходя из параметров нагрузки и сети, или необходимости защиты от перегрузок вследствие присутствующих в сети искажений.

5. Дополнительных условий – степень защиты, вид установки, габаритные ограничения, параметры коммутационных устройств и вспомогательного оборудования, особые требования и т.п.

В ходе разработки системы компенсации эти этапы прорабатываются несколько раз, учитывая возникающие уточнения, дополнения и требования, стоимостные и другие факторы. Очередность этапов так же может не соблюдаться.

Как правило: Данные по этапам 1, 2 и 3 получаются у Заказчика или могут быть определены исходя из проектных или реальных графиков нагрузки, данных электропотребления за режимные сутки и т.п. Этап 3 является расчетным, исходные данные для проведения этих расчетов либо имеются у Заказчика, либо могут быть получены в ходе **проведения инструментального обследования сети**. Этап 5 – согласуется с Заказчиком для соответствия общей концепции предприятия, удобства эксплуатации, располагаемых площадок и возможных ограничений.



Выбор мест установки компенсирующих устройств.

С целью снижения потерь в электрических сетях на передачу по ним реактивной мощности рекомендуется устанавливать устройства компенсации реактивной мощности – ближе к основным ее потребителям. Это уменьшает протяженности сетей, по которым протекает реактивная составляющая тока, приводящая к возникновению неоправданных потерь активной мощности в этих сетях и их элементах – реакторах, трансформаторах, кабельных и воздушных линиях и т.д.

С целью снижения затрат на оборудование сетей устройствами компенсации оправданно применение групповой компенсации реактивной мощности, когда место установки устройств компенсации определяется по оптимальным экономическим показателям распределения источников реактивной мощности, снижения количества коммутационных аппаратов, наличия места для установки, наличия доступа технического обслуживания и пр.

На практике, в большинстве случаев применяются смешанные схемы компенсации, которые кроме компенсации решают так же вопросы снижения высших гармонических составляющих. Установка в сети 6-10 кВ компенсирующих устройств единичной мощности меньше 300-500 кВАр бывает оправданной в основном на удаленных подстанциях, в других случаях, как правило, экономически целесообразна установка устройств компенсации большей мощности на головных подстанциях.

Выбор мощности компенсирующих систем.

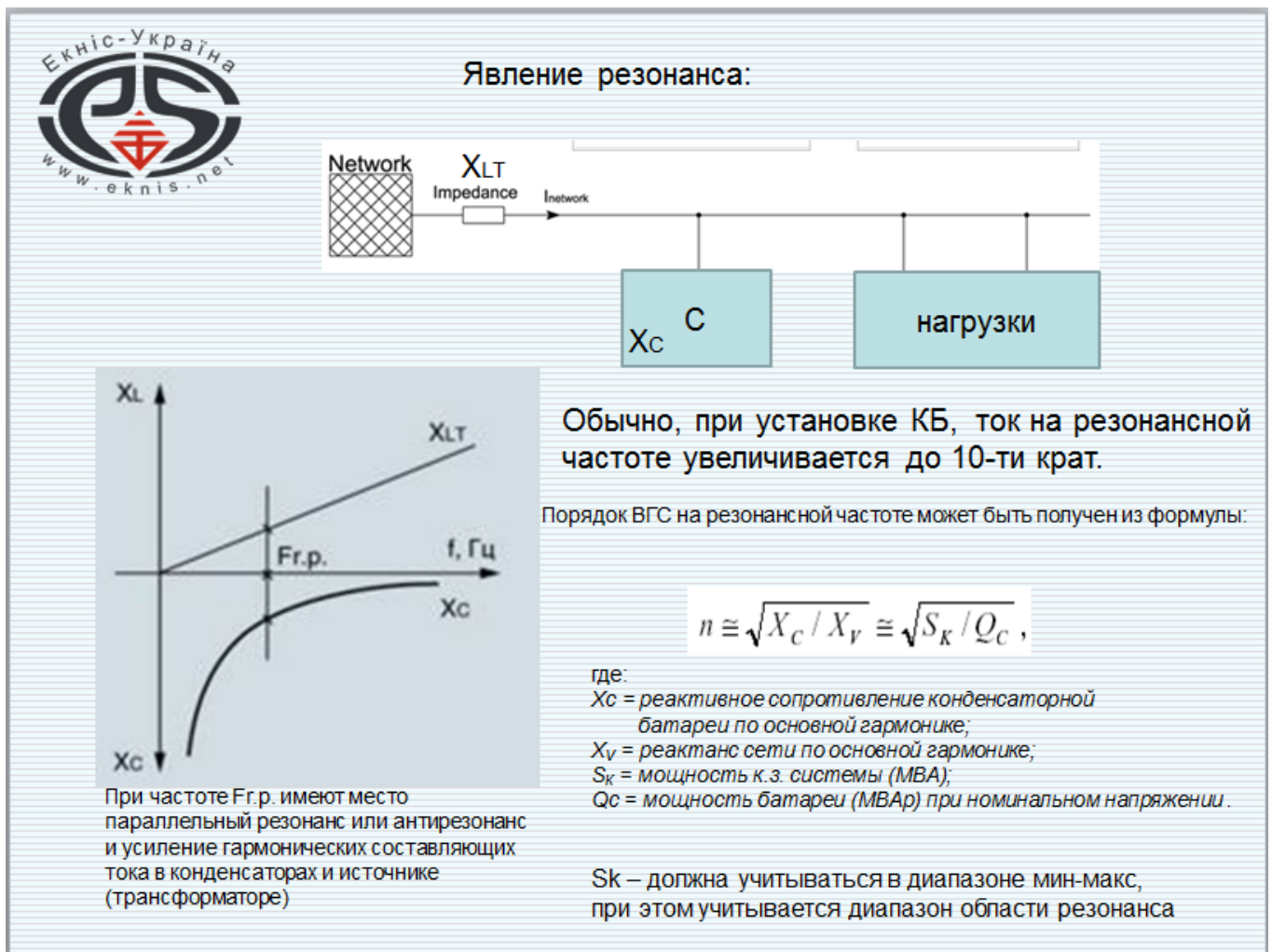
Для существующих нагрузок, **выбор мощности компенсирующих систем** в первую очередь основывается на данных графиков нагрузки – годовых, по месяцам/суткам и суточным, часовым/получасовым. А так же, с учетом перспективы развития сетей предприятия, которая должна быть определена техническим заданием на проектирование.

Расчеты резонансных усилений

Расчеты резонансных усилений, «загрузки» оборудования токами высших гармоник, а так же уточнение необходимости улучшения параметров качества электрической энергии, имеющих отклонения от допустимых, производятся на основании данных полученных в ходе инструментального обследования. Реже исчерпывающий



объем необходимых параметров доступен в виде исходных данных. Это данные о фактической мощности короткого замыкания сети, режимах нагрузки, уровнях высших гармонических и интергармонических составляющих нагрузки и сети, изменениях мгновенных величин потребляемой реактивной мощности, несинусоидальности, несимметрии, фликере и отклонениях от норм качества электрической энергии. Они позволяют точно определить спектр дополнительных функций, которые должна выполнять система компенсации, а так же произвести расчет на исключение факторов возникновения недопустимых искажений и перегрузок вследствие резонансных усилений.



Если в ходе измерений выявляются нарушения параметров качества электрической энергии, обусловленные работой рассматриваемой нагрузки или совокупности нагрузок, и они могут быть улучшены за счет применения особой конфигурации компенсирующих устройств, то такая конфигурация разрабатывается.

Если качество электрической энергии выходит за допустимые рамки, но это обусловлено сторонними потребителями, то разрабатывается система компенсации, которая может нормально работать в таких сверхнормативных условиях.



Если же качество электрической энергии находится в допустимых рамках и воздействие нагрузки на питающую сеть, в части электромагнитной совместимости, не требует специальных решений, то рассматривается вопрос недопустимости сверхнормативных резонансных усилений гармонических составляющих.

Конфигурация устройств КРМ

Конфигурация устройств компенсации реактивной мощности выбирается как исходя из обеспечения нормативного уровня гармонических составляющих, так и уровней коммутационных токов и перенапряжений.

Включение конденсаторной батареи – компенсирующего устройства в сеть может повлечь возникновение опасных резонансов на частоте одной или нескольких гармонических составляющих, одним из условий которого является наличие тока и/или напряжения гармоники в сети, на которой возможен резонанс, до включения батареи. Тогда, за счет резонанса, гармоническая может увеличиться в десять раз, а в некоторых случаях и более. Резонанс возникает за счет наличия индуктивности сети и емкости батареи. Индуктивность сети, при проведении расчетов, определяется мощностью трехфазного короткого замыкания.

$$n \cong \sqrt{X_C / X_V} \cong \sqrt{S_K / Q_C},$$

Порядок ВГС на резонансной частоте может быть получен из формулы:

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 этом следует учитывать весь диапазон изменения мощности короткого замыкания, который характерен для данной сети и величины ВГС, полученные при измерениях или заданные исходными данными.

Так же следует учитывать реактивные сопротивления элементов сети на участке до места подключения устройств компенсации. Наибольшее влияние оказывают токоограничивающие реакторы, ввиду их относительно большой индуктивности. Т.е.

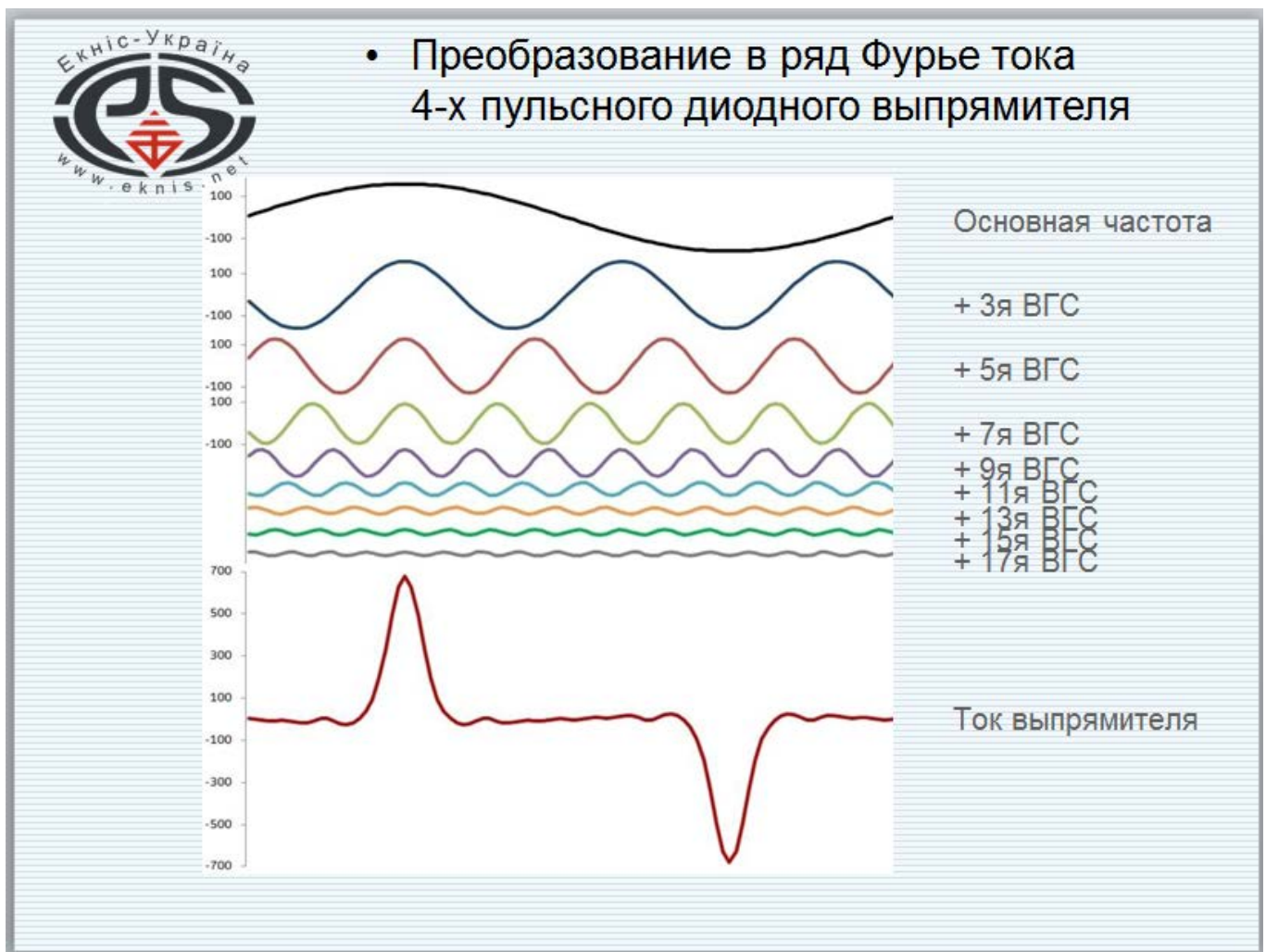


конденсаторная батарея, включаемая после токоограничивающего реактора создают резонансный контур с частотой настройки:

$$\nu \approx \sqrt{X_{б.к.} / X_p}$$

где $X_{б.к.}$ и X_p – реактивные сопротивления батареи конденсаторов и реактора.

Для точного расчета изменений величин гармонических и резонансных частот может использоваться специальное программное обеспечение, либо математические комплексы типа MatLab, которые позволят получить достаточную точность расчетов для предварительного (перед окончательной разработкой системы компенсации) определения допустимых диапазонов требований к разрабатываемой системе, при эксплуатации которой будет гарантироваться ее безупречная электромагнитная совместимость, улучшение параметров качества электрической энергии, надежная и долговечная эксплуатация.



Проектирование компенсирующих устройств – Неразрывно связано с качеством эл. энергии

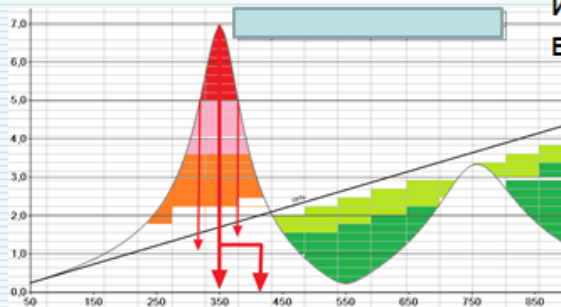
1. Уровни Высших Гармонических Составляющих – недопущение резонансов
2. Уровни ВГС – необходимость снижения, для соответствия нормам МЭК и ГОСТ.
3. Уровни напряжения. Увеличение напряжения в сети можно представить следующей формулой:

$$\Delta U = \frac{Q}{S} \times 100\%$$

где
 ΔU – повышение напряжения в сети (в %);
 Q – мощность батареи (МВАр) при номинальном напряжении;
 S – мощность к.з. сети (МВА).

4. Симметрирование нагрузки
5. Снижение динамических толчков, колебаний напряжения.

Влияние на качество за счет применения различного типа компенсации:
Фликер, несинусоидальность и несимметрия напряжения,
 коэффициент несинусоидальности и содержания n-ых ВГС,
 провалы и импульсы напряжения, временные перенапряжения.



Использование специального ПО для проверки выбора устройств компенсации

индуктанс сети 6 кВ и фильтров 11-13-23 ВГС,
 при мощности КЗ 150 МВА.
 Частоты снижения ВГС – зеленым.
 Частоты резонансных усилений – красным.
 Область острого резонанса на частоте 350 Гц.