

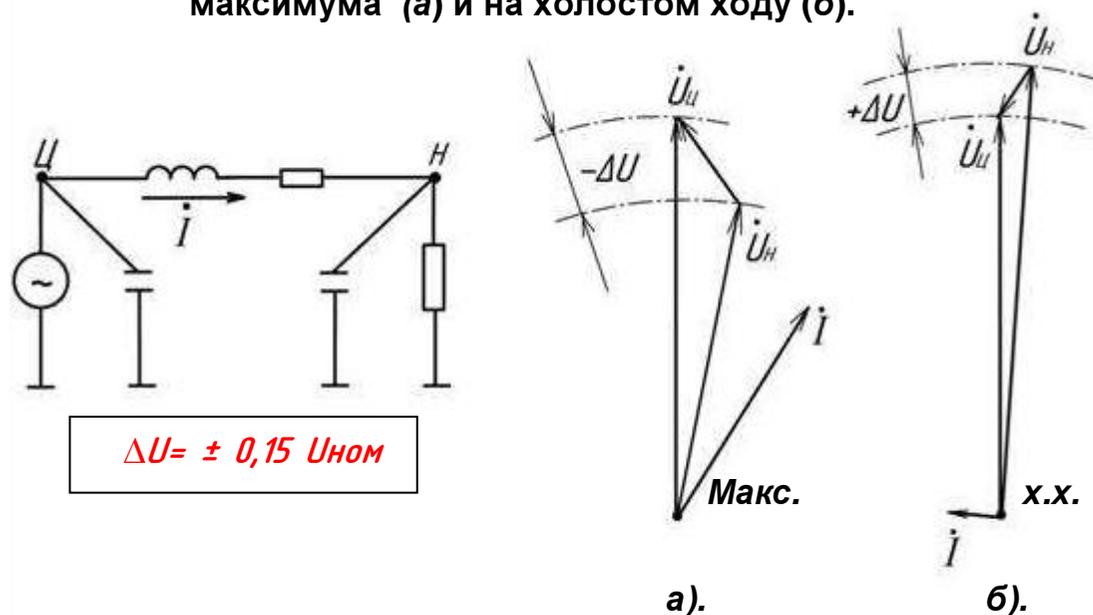
**«Системный подход к регулированию и стабилизации напряжения высоковольтной электрической сети управляемыми источниками реактивной мощности индуктивно-ёмкостного типа»**

2.1. Значительная часть подстанций высоковольтной сети 6÷500 кВ имеет разброс текущих значений напряжений в нормальных режимах, достигающий  $\pm 15\%$  от номинального значения.

2.2. Подобная нестабильность напряжения сети – это не только ограничение пропускной способности, повышение потерь электроэнергии, ускоренный износ коммутационного оборудования. Это прямая и явная угроза развития системных аварий и «блэк-аутов» из-за частных аварийных случаев.

2.3. Суть проблемы в том, что существующие концепции регулирования напряжения допускают и, более того, предусматривают возможность колебания напряжения электрической сети при изменении режима нагрузки. В итоге, в максимальных режимах напряжение в узлах нагрузки снижается, а в минимальных режимах растет вплоть до предельно допустимых значений.

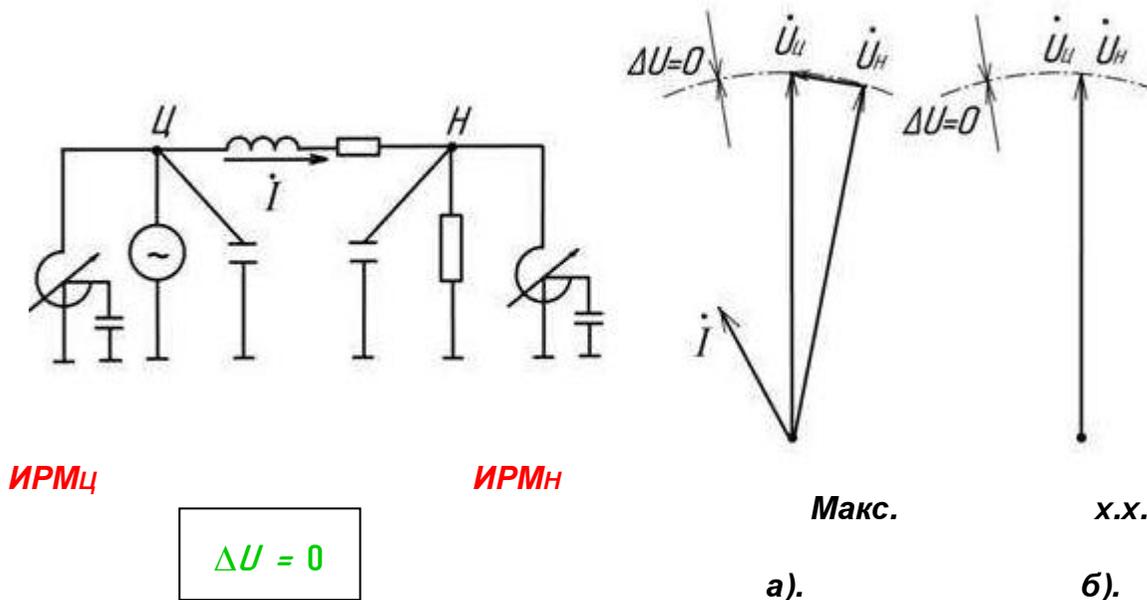
Напряжение центра питания  $U_{Ц}$  и узла нагрузки  $U_{Н}$  в режиме максимума (а) и на холостом ходу (б).



3.1. Одним из возможных путей выхода из сложившейся ситуации является изменение приоритетов существующих средств и методов регулирования напряжения с кардинальным усилением роли средств компенсации реактивной мощности (управляемых индуктивно-ёмкостных устройств или устройств FACTS)

3.2. Соответствующим подбором номинальных данных и функциональных параметров управляемых индуктивно-ёмкостных устройств обеспечивается полная независимость значений напряжения от изменения графика нагрузки во всем диапазоне от расчетного максимума до холостого хода.

Напряжение центра питания  $U_{Ц}$  и узла нагрузки  $U_{Н}$  с устройствами индуктивно-ёмкостного типа (ИРМ<sub>Ц</sub>, ИРМ<sub>Н</sub>)



Опыт эксплуатации схемы компенсации реактивной мощности в электрической сети 220/35/10/6  
ООО «Нарьянмарнефтегаз»

г. Нарьянмар

01 ноября 2010г.

1. К исходу 2008 года в развивающейся локальной электрической сети 220/35/10/6 ООО «Нарьянмарнефтегаз», питающей нефтегазовые месторождения Южное Хыльчую (Ненецкий автономный округ), возникла сложная ситуация с включением ВЛ 220 кВ «Южное Хыльчую - Варандей» длиной 150 км. При включении этой линии значительно повышалось напряжение на приемном конце, и до 40 Мвар увеличивался сток реактивной мощности с линии на передающем конце. Две (из пяти планируемых) уже введенные на тот момент в эксплуатацию ГТУ, по 25 МВт каждая, не могли обеспечить включение ВЛ 220 кВ до ПС «Варандей». По расчетам проектного института требовалось задействовать как минимум три ГТУ. Но даже после введения в эксплуатацию всех пяти ГТУ не снималась проблема их неустойчивой работы. В результате, небольшие изменения нагрузки в пределах 1МВт, при общей загрузке сети более 20 МВт, регулярно приводили к аварийным остановкам генераторов и полному погашению электрической сети. В течение 2009 года и первой половины 2010 года произошло несколько десятков таких блэкаутов.
2. Ситуация радикальным образом изменилась после ввода в эксплуатацию схемы компенсации реактивной мощности, содержащей четыре ШПР по 3,3 Мвар каждый, один УШР с подмагничиванием мощностью 25 Мвар и два ИРМ мощностью ± 25 Мвар каждый (рис. 1), разработанной инжиниринговой компанией ООО «Электросетевые компенсаторы» (ООО «ЭСКО»).
3. После ввода в эксплуатацию схемы компенсации реактивной мощности во второй половине 2010 года:
  - 3.1. электрическая сеть 220/35/10/6 ООО «Нарьянмарнефтегаз» устойчиво работает при любых реально возникающих колебаниях нагрузки, вплоть до 10 МВт;
  - 3.2. на подстанциях 220 кВ «Южное Хыльчую» и «Варандей» напряжение 220 кВ автоматически стабилизируется по заданной уставке в рабочем диапазоне 220 ÷ 230 кВ с точностью ± 1 кВ независимо от текущей нагрузки сети;
  - 3.3. во всех режимах работы сети – нормальных, послеаварийных, пусковых – работа генераторов с недовозбуждением исключена;
  - 3.4. пропускная способность сети 220/35 кВ приведена в соответствие с проектными значениями: номинальная мощность передачи сети 220 кВ «Южное Хыльчую - Варандей» - 20 МВт (с перспективой увеличения мощности до 100 МВт), сеть 35 кВ ЦПС «Южное Хыльчую» - 95 МВт.

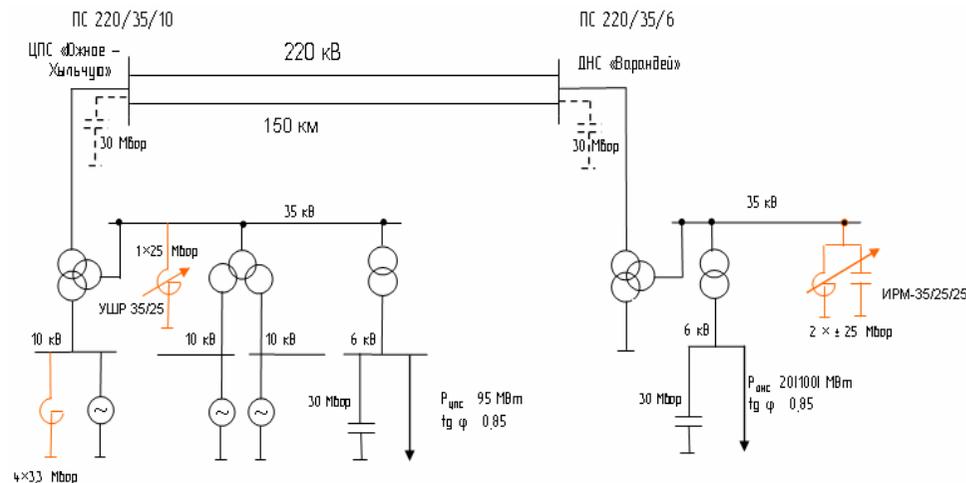


Рис 1. Схема компенсации реактивной мощности в электрической сети 220/35/10/6 ООО «Нарьянмарнефтегаз»

Главный энергетик ООО «Нарьянмарнефтегаз»

С. Л. Найман

5.1. Доказано и подтверждено на практике, что устройства управления индуктивно-ёмкостными параметрами позволяют решить проблему стабильности напряжения любой современной сети 6÷500 кВ и ликвидировать предпосылки развития системных аварий по условиям статической устойчивости из-за опасного понижения или роста напряжения.

5.2. Оснащение сети подобными устройствами до технически целесообразного уровня позволяет автоматически стабилизировать напряжение в пределах 1-2% от заданной уставки не только в нормальных, но и в ремонтных, пусковых и послеаварийных режимах. В итоге достигается:

- автоматическая стабилизация напряжения сети 6÷500 кВ по заданной уставке в нормальных, ремонтных и послеаварийных режимах в пределах  $\pm 5\%$  от номинального значения;
- исключение коммутационного оборудования из процессов регулирования напряжения в нормальных режимах;
- повышение пропускной способности существующей сети до 1,5 раз;
- снижение удельных потерь до 20-30%;
- исключение режимов недо возбуждения генераторов;
- снижение ущерба, наносимого субъектам рынка электроэнергии от действий противоаварийной автоматики

5.3. Специальное оборудование для автоматических систем стабилизации напряжения, разработанное по авторским решениям ООО «ЭСКО»:

- управляемые шунтирующие реакторы 6,10,35 кВ мощностью 3,6; 10; 16; 25 Мвар для электрической сети с изолированной нейтралью (УШР 6÷35 кВ);
- управляемые шунтирующие реакторы 110, 220, 330, 500 кВ мощностью 25, 63, 100, 180 Мвар для электрической сети с заземленной нейтралью (УШР 110÷500 кВ);
- источники реактивной мощности 6÷500 кВ на базе управляемых шунтирующих реакторов и батарей статических конденсаторов, с диапазоном мощностей от  $\pm 3,6$  до  $\pm 180$  Мвар (ИРМ 6÷500 кВ).

**Автоматические системы стабилизации напряжения на базе УШР и ИРМ в странах ЕвразЭС**

6.1.

№	Страна	Количество	Установленная мощность
1	Российская Федерация	44	4,8 Гвар
2	Республика Казахстан	5	0,46 Гвар
3	Республика Белоруссия	2	0,36 Гвар
	Итого:	51	5,62 Гвар

6.2. Текущая потребность 40÷50 Гвар.

6.3. Потенциальный рынок благодаря активному освоению FACTS-технологий и «интеллектуальных сетей» уже в ближайшие годы увеличится в разы.



УШР 6÷35 кВ



УШР 110÷500 кВ



ИРМ 6÷500 кВ