

**«ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСТОЧНИКОВ
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 110-500 КВ ДЛЯ
СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ»**

ООО “ЭСКО”

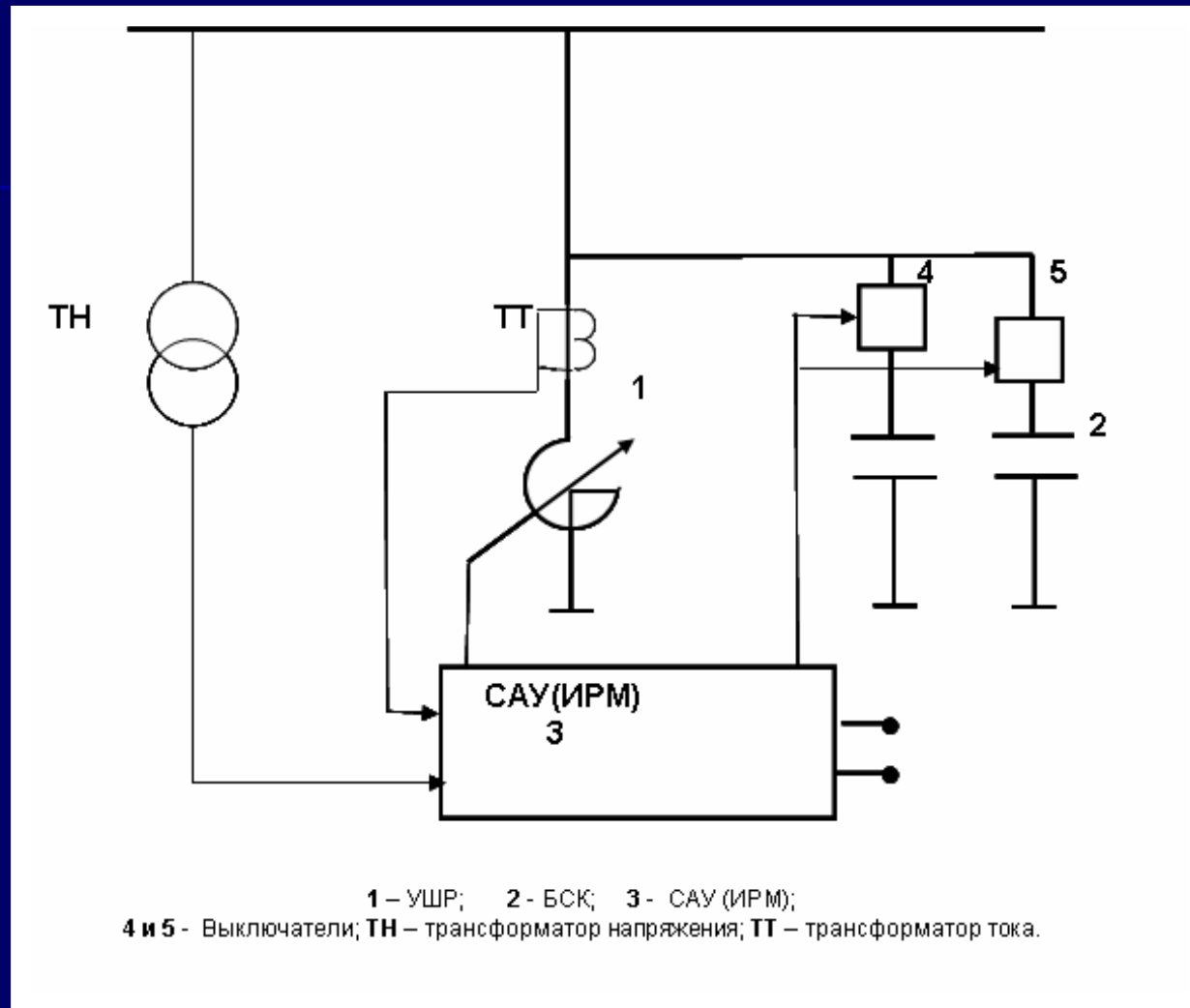
**Брянцев М.А. , Дягилева С.В.,
Карымов Р.Р., Маклецова Е.Е., Негрышев А.А.**

© ЭСКО

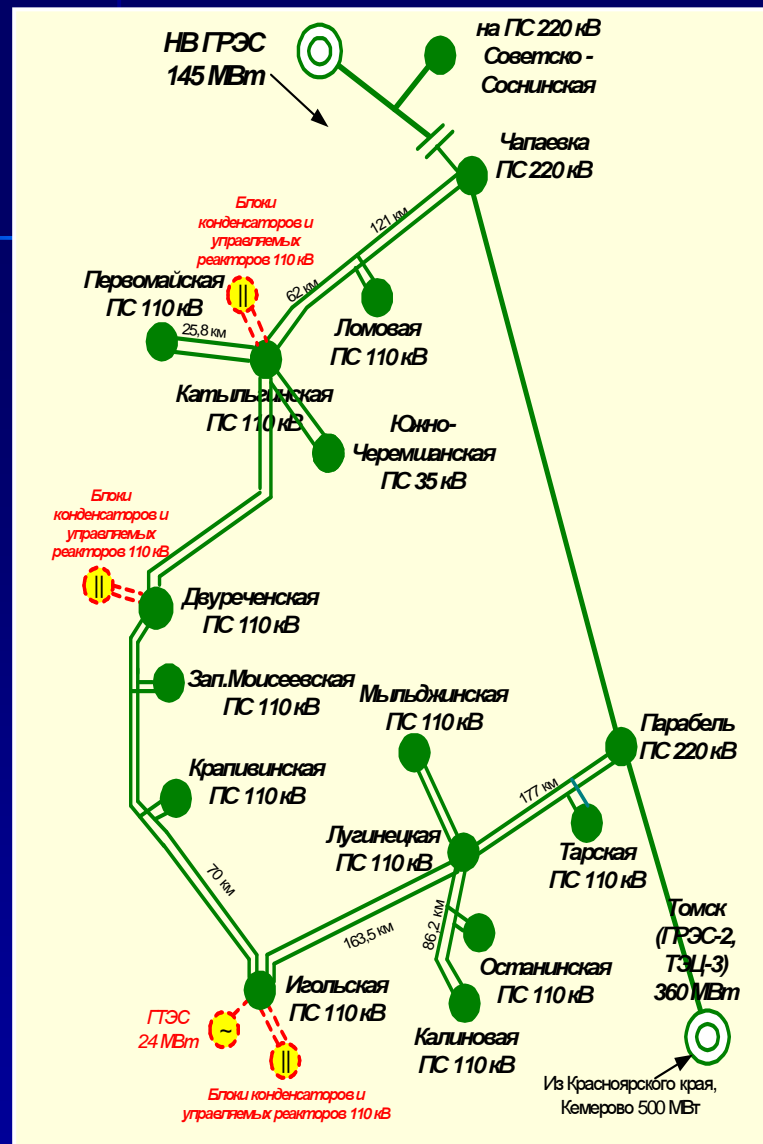
Актуальность и основные направления работ

1. Сегодня в энергоемких регионах мира нарастает и приобретает всё большую остроту проблема устойчивой и надежной передачи электроэнергии с заданными параметрами качества, и в первую очередь с требуемой стабильностью напряжений сети 110 кВ и выше.
2. Обширные системные аварии напрямую связаны с нестабильностью напряжения высоковольтной сети и определены на уровне «глобальной проблемы мировой электроэнергетики».
3. Нестабильность напряжения сети – это не только угроза возникновения системных аварий. Это ещё и ограничение пропускной способности, повышенные потери электроэнергии, ускоренный износ коммутационного оборудования.
4. В значительной степени проблема обусловлена постоянно нарастающим дефицитом управляемых высоковольтных устройств стабилизации напряжения (FACTS-технология). В итоге, уже сейчас в ряде важнейших регионов России наступил дефицит электроэнергии не из-за недостатка генерирующих мощностей, а из-за проблемы её транзита от генерации к потребителю.
5. ООО «ИРМ» участвует в разработке и оснащении сетей 110-500 кВ высоковольтными системами стабилизации напряжения (ИРМ) на базе управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов УШР Брянцева А.М. и батарей конденсаторов БСК.

Принципиальная схема ИРМ на напряжение 110 кВ



Эффективность применения ИРМ



ОПЫТ применения компенсирующих устройств на ПС-110кВ. «Игольская» и «Двуреченская» для электроснабжения нефтяных месторождений ОАО «Томскнефть» (Октябрь 2004г. - март 2005г.)

1. К исходу 2003года на нефтяных месторождениях Южного Васюгана ОАО «Томскнефть» возникла кризисная ситуация. Пропускная способность электропередачи 110кВ «Парабель-Лугинецкая-Игольская-Крапивинская» была исчерпана, а уровни напряжения на ПС-110 «Крапивинская» не превышали 85% номинального.

2. И только в августе-октябре 2004года после ввода на ПС-110 «Игольская» батареи статических конденсаторов (БСК) 23МВАР, управляемого шунтирующего реактора (УШР) 25МВАР и ПС-110 «Двуреченская» с БСК-23 и УШР-25 ситуация изменилась коренным образом в лучшую сторону. Пропускная способность выросла на 30-50% , уровни напряжения достигли 105-110% номинального и могут регулироваться в широком диапазоне в зависимости от режимов.

3. Даже непродолжительный период эксплуатации реакторов РТУ-25000/110-У1 позволяет отметить, что реакторы совместно с батареями статических конденсаторов:

1. Обеспечивают оптимальные потоки реактивной мощности позволяющие довести передаваемую мощность до предельно допустимой по сечению проводов. По состоянию нагрузок на март 2005г обеспечивается 100% взаимное резервирование эл.нагрузок электропередачи «Парабель - Двуреченская - Чапаевка» (Таблица 3). Необходимость перевода региона на напряжение 220кВ потеряло свою актуальность.

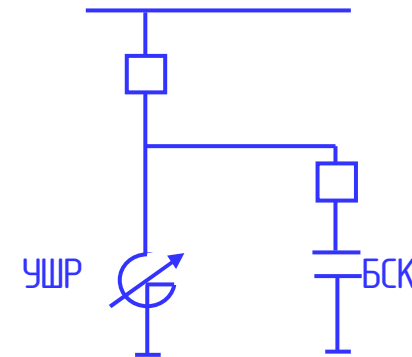
2. Снижают потери активной мощности в проводах ВЛ-110кВ. При нагрузке 72 МВт потери составляют 7,5 МВт против 11,9 МВт, в том числе в сетях ООО «ЭнергонептьТомск» 1.8 МВт против 2.9 МВт.

3. Обеспечивают плавную автоматическую стабилизацию заданных уровней напряжения в установившихся режимах, при сокращении числа коммутаций БСК и РПН в десятки раз.

Главный энергетик ЗАО «ЮКОС-ЭП»

В.В.Садовой

ИРМ-110/25/25 на ПС «Звездная» (ПС «Сугмутская-2»), РФ 2007г.



Основные технические данные:

1. Номинальное напряжение **121 кВ**
2. Номинальная мощность **25/25 Мвар**
3. Диапазон изменения мощности **± 25 Мвар**

Изменение параметров сети до и после ввода в работу ИРМ

ИРМ-110/50/25 на ПП «Таврическая», РФ 2008г.

Таким образом, достигнуто:

1. Увеличение напряжения на ПС «Таврическая» и в прилегающем узле **на 4,5%**

Снижение колебаний напряжения в течение суток **в 8,7 раз**

2. Снижена загрузка:

2.1 автотрансформаторов на:

ПС «Кирилловская» по полному току **на 3,2%**

по реактивной мощности **9,2%**

ПС «Прогресс» по полному току **на 2,2%**

по реактивной мощности **20%**



питающих линий:

2.2 ВЛ – 110 Кирилловская - Айка по полному току на **12%**

по реактивной мощности **37%**

2.3 ВЛ – 110 Инга – Таврическая по полному току **на 7%**

по реактивной мощности **33%**

2.4 ВЛ – 110 Прогресс – Таврическая по полному току **на 6,5%**

по реактивной мощности **35%**

2.5 ВЛ – 110 Прогресс – Фотон по полному току **на 6,6%**

по реактивной мощности **42%**

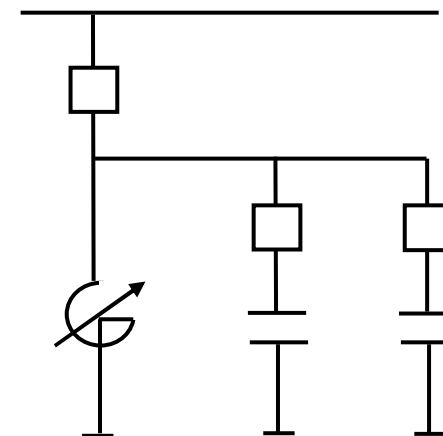
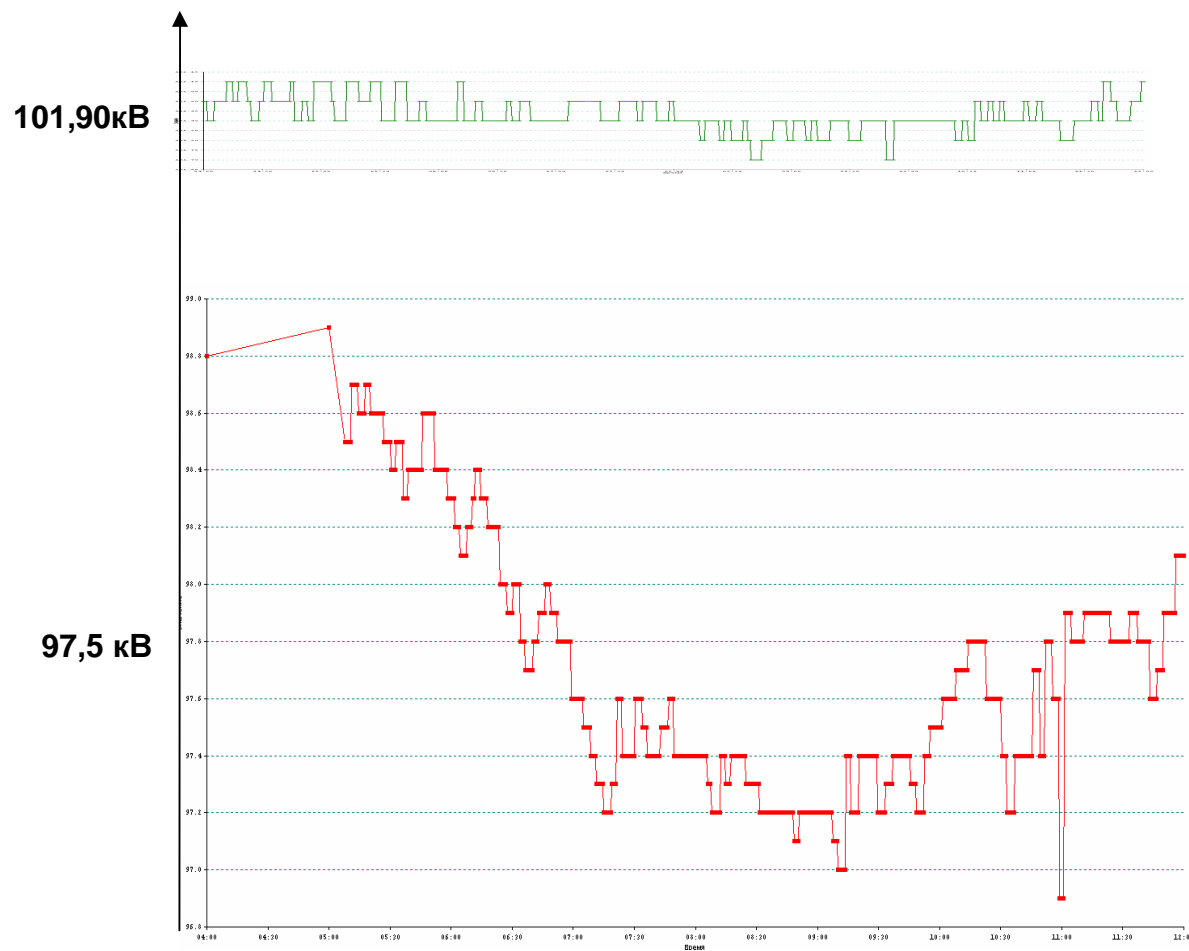


График напряжения на ПП «Таврическая»

(из презентации «Тюмень, 2007. Компенсация реактивной мощности и стабилизация напряжения в электрических сетях ОАО «Тюменьэнерго», питающих предприятия нефтегазового комплекса»)



Режим с ИРМ-110/50/25

$\Delta U=0,4$ кВ

Режим без ИРМ-110/50/25

$\Delta U=2,6$ кВ

Перспективы применения ИРМ в распределительной сети 110 кВ НГК Тюменского региона.

1. По заданию ОАО «Тюменьэнерго» проведен анализ режимов электропотребления зимнего максимума 2006 г. и летнего минимума 2007 г. 286-ти подстанций, 11-ти электрических сетей, 6-ти потребителей.

2. Разработаны критерии и определен общий объем средств компенсации реактивной мощности (генерация / потребление).

3. Разработаны технические требования на высоковольтные управляемые источники реактивной мощности ИРМ-110/50/25 и ИРМ-110/25/25. Приведены примеры технических спецификаций.

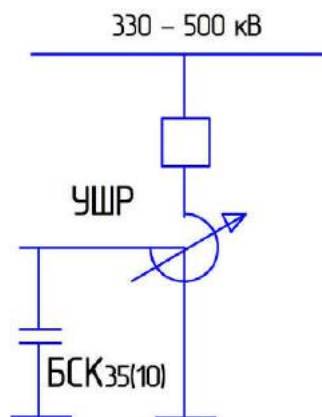
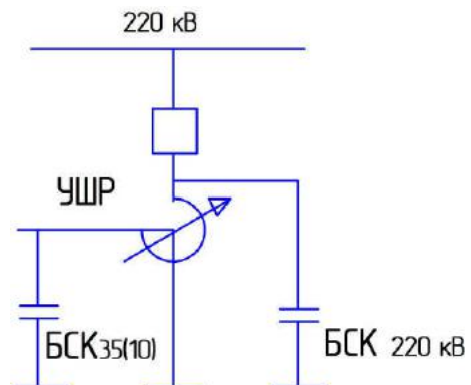
4. Разработана концепция оснащения сети 110/35/6 кВ ОАО «Тюменьэнерго» устройствами компенсации реактивной мощности, обеспечивающая максимальный системный эффект.

Показано, что:

- при загрузке сети 110 кВ в пределах 50÷70% от проектной, **значительная часть подстанций имеет заниженные рабочие напряжения (вплоть до предельно допустимых)**, что обусловлено повышенным уровнем реактивной мощности ($\text{tg}\varphi$ от 0,4 и выше) и «слабой» сетью (более 30 % подстанций 110 кВ имеют токи к.з. ≤ 5 кА);
- дооснащение сети плавно управляемыми устройствами компенсации реактивной мощности, в первую очередь подстанций 110 кВ с токами к.з. ≤ 5 кА позволяет **автоматизировать процесс стабилизации напряжения в узлах нагрузки по заданной уставке в нормальных ремонтных и послеаварийных режимах (технология FACTS)**;
- реализация мероприятий по стабилизации напряжений и компенсации реактивной мощности сети в объеме п.п. 1÷5 (около 5 Гвар) позволит не менее чем в 1,3 раза (дополнительно 2,5 ГВт) повысить пропускную способность сети при одновременном снижении удельных потерь на 20÷30 %.

Источники реактивной мощности на базе УШР 220,330-500 кВ

Принципиальные схемы



Прототипы



УШР-100/220 + БСК₁₀(БСК₂₂₀)
ПС «Чита» (ПС «Озёрная»)

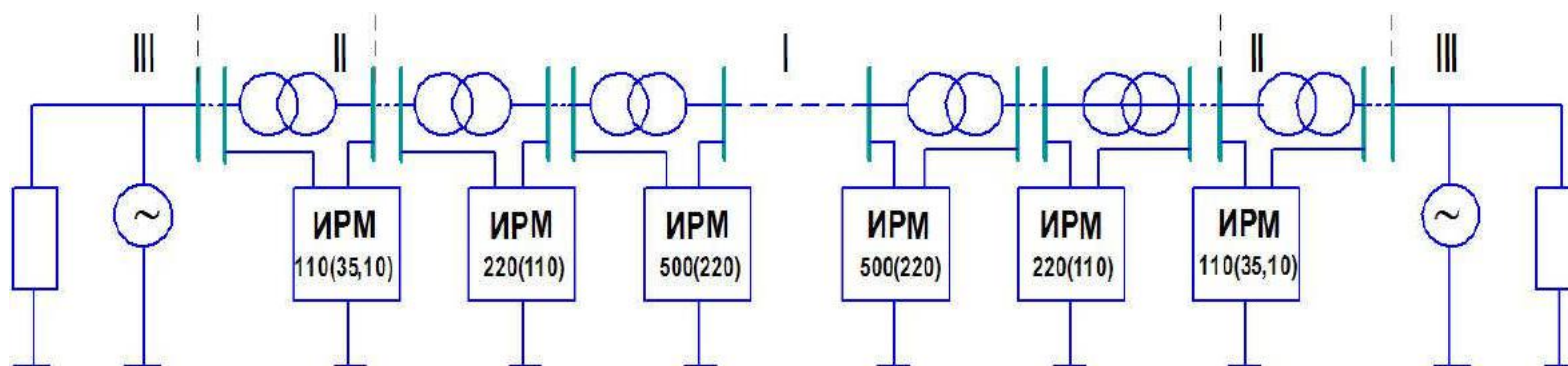


УШР-180/330 + БСК₁₀
ПС «Барановичи»
ПС «Игналинская»



УШР-180/500 + БСК₃₅
ПС «Таврическая»
ПС «Барабинская»

Принципы оснащения электрической сети 110-500кВ высоковольтными источниками реактивной мощности.



- 1.1. **Распределенность (локализация)** – по классам напряжения и узлам нагрузки (чем чаще, тем лучше эффект).
- 1.2. **Секционирование («эшелонированность»)** - законченность технологического процесса управления режимами напряжения в рамках отдельно хозяйствующего объекта.
- 1.3. **Достаточность (в пределах каждого «эшелона»)** - для обеспечения управляемости сети в нормальных, ремонтных и аварийных режимах.
2. Достижимые результаты (по итогам исследований режимов сетей МРСК «Тюменьэнерго», Дальневосточной МРСК, ФСК РФ, ОАО «КЕГОС» и др.).
 - 2.1. **Автоматическая стабилизация напряжения сети 110-500 кВ по заданной уставке** в нормальных, ремонтных и послеаварийных режимах.
 - 2.2. **Исключение коммутационного оборудования** из процессов регулирования напряжения в нормальных режимах.
 - 2.3. **Повышение пропускной способности** существующей сети до 1,5 раз.
 - 2.4. **Снижение удельных потерь** до 20-30%.
3. **Общая потребность в установленной мощности ИРМ составляет не менее 100 % от значения максимума потребления мощности сети 110-500 кВ.**

Состояние и перспективы использования ИРМ в электрических системах РФ и СНГ

Референц-лист УШР (ИРМ). Состояние на 10.04.2009.

№	Номинальная мощность kVAг	Номинальное напряжение kV	Место установки		Дата		№	Номинальная мощность kVAг	Номинальное напряжение kV	Место установки		Дата															
			Страна	Подстанция	изготовления	ввода в эксплуатацию				Страна	Подстанция	изготовления	ввода в эксплуатацию														
1	25000	110	Россия	Кудымкар	1998	1998	30	180000	330	Белоруссия	Барановичи	2002	2003														
2				Двуреченская	2003	2004	31				Мирадино	2006	2007														
3				Катъльгинская	2004		32			Литва	Игналинская АЭС	2007	2008														
4				Игольская	2007		2007						33	Казахстан	Агадырь	2009											
5			Сугмут	2007		34	Агадырь																				
6			Актогай	2008		35	ЮКГРЭС			2009*																	
7			Актогай	Россия	Фоминская	2010*	36			Россия	Таврическая	2005	2005														
8			Фоминская		2010*		37				3 x 60000 = 180000	500	Барабинская	2006	2007												
9			Новогодняя		2008		38				Иртыш		2009	2009*													
10			Таврическая			39	Казахстан			Аксу	2009*		2009*														
11			Вандмтор		2008	Чурапча	2009*			40	Россия	Томская	2010*														
12			Эльдикан			41				Ангара																	
13			Сочи			2009*				42	Лозовая																
14			Лысенковская							2009																	
15			Восточный							2009*																	
16			Бахилловская							2009*																	
17			Ургал	2005	20	63000	110			Советск	2005	2005															
18			Советск		2005	2005																					
19			Чита		2002	2002																					
20	100000	220	Хабаровск	2004	2005	21	220	220	Хабаровск	2004	2005																
22				Хехцир	2005	2007				22	Хехцир	2005	2007														
23					Уренгой	2008				2009*		24	Уренгой	2008	2009*												
24			Владивосток	2009*					2009*		25	Владивосток				2009*											
25					2009*	2010*				26	2009*		2010*	26	Надым		2009*	2010*									
26			2009*	2010*					27	2009*		2010*		27		Тында			2009*	2010*							
27									2009*					2010*							28	2009*	2010*	28	Ангара	2009*	2010*
28																					2009*			2010*			
29					2009*	2010*					29		2009*		2010*		29	Ангара									

Референц-лист по обследованию подстанций электрических сетей

Название сети	ОАО «Тюменьэнерго»	ОАО «ДРСК»	ОАО «KEGOC»	ОАО ФСК РФ
Обследовано п/ст.	286	48	72	92
Рекомендована установка ИРМ(УШР)	74	21	6	28

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.1. Устройства ИРМ (FACTS-технология) позволяют решить проблему стабильности напряжения любой современной сети 110-500 кВ;

- ликвидируют предпосылку развития системных аварий;
- повышают пропускную способность сети (до 1,5 раз);
- практически исключают (в десятки раз уменьшают число срабатываний) работу коммутационного оборудования при регулировании напряжения узлов нагрузки;
- до 30 % снижают удельные потери электроэнергии.

1.2 Хронический дефицит этих устройств в электрических сетях обусловлен слабой координацией и несогласованностью основных субъектов электроэнергетики (генерация, транзит, потребление)

1.3 Для организации условий оснащения ИРМ до технологически целесообразного уровня требуется сочетание технических, административных и экономических мероприятий общепромышленного характера, в частности:

- Ужесточение требований к нормализации и степени стабилизации значений напряжения и ограничению перетоков реактивной мощности высоковольтной сети 110-500 кВ на границах раздела субъектов хозяйствования (ФСК-МРСК, ФСК-ОГК, ФСК- потребитель и т.д.)
- Разработка системы стимулирования и механизмов понуждения хозяйствующих объектов к соблюдению требований по п. 3.1 (отраслевые стандарты, приказы, распоряжения и т.д.).
- Создание системы экономической мотивации к оснащению сети 110-500 кВ устройствами FACTS до технологически целесообразного уровня.