

Научно-практическая конференция
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Стабилизация напряжения и устранение
нелинейных искажений в схемах электроснабжения
ПАО «Транснефть»

Докладчик: Базылев Борис Иванович,
технический директор ООО «ЭСКО», к.т.н.



Нефтепровод «Заполярье – Пурпе»

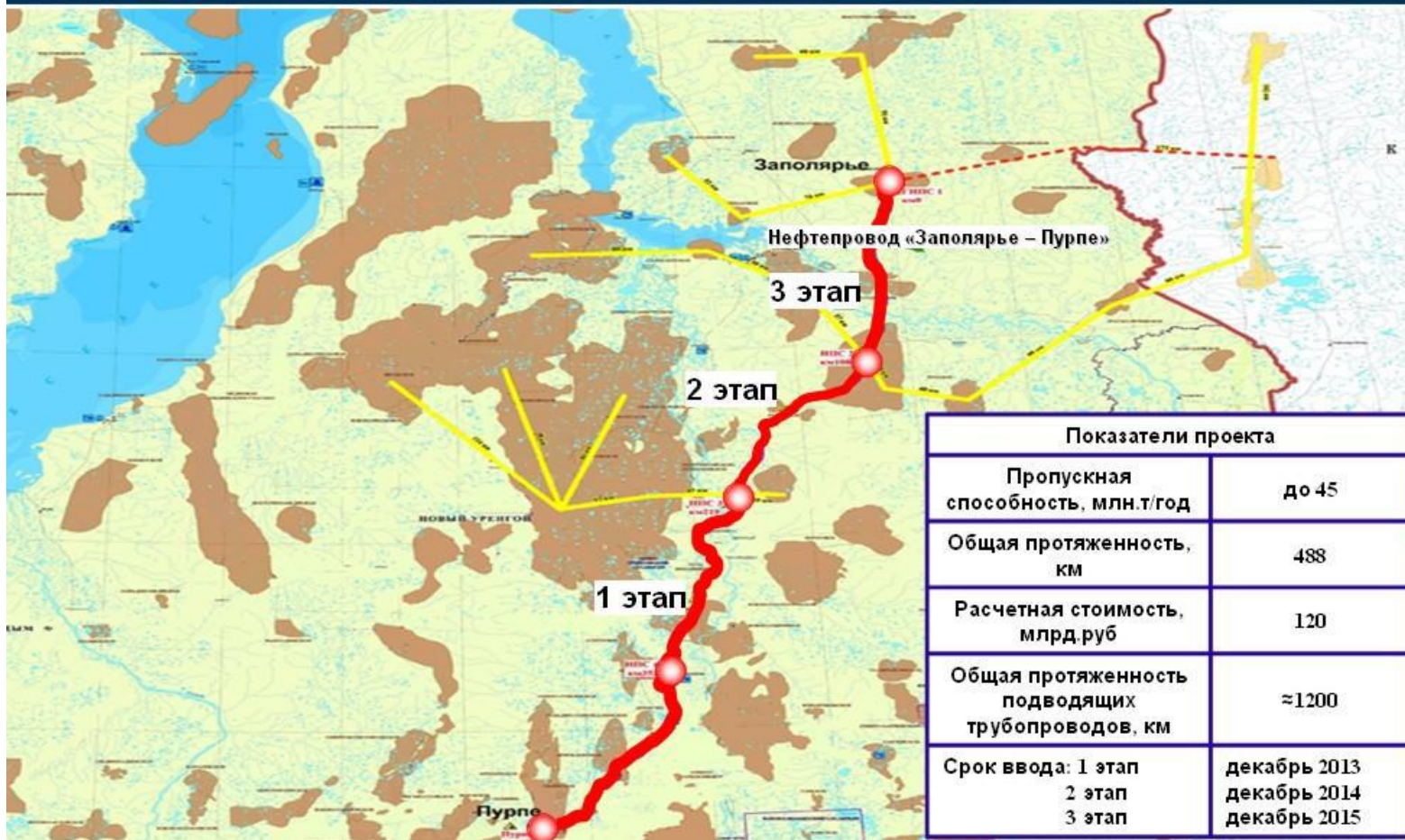
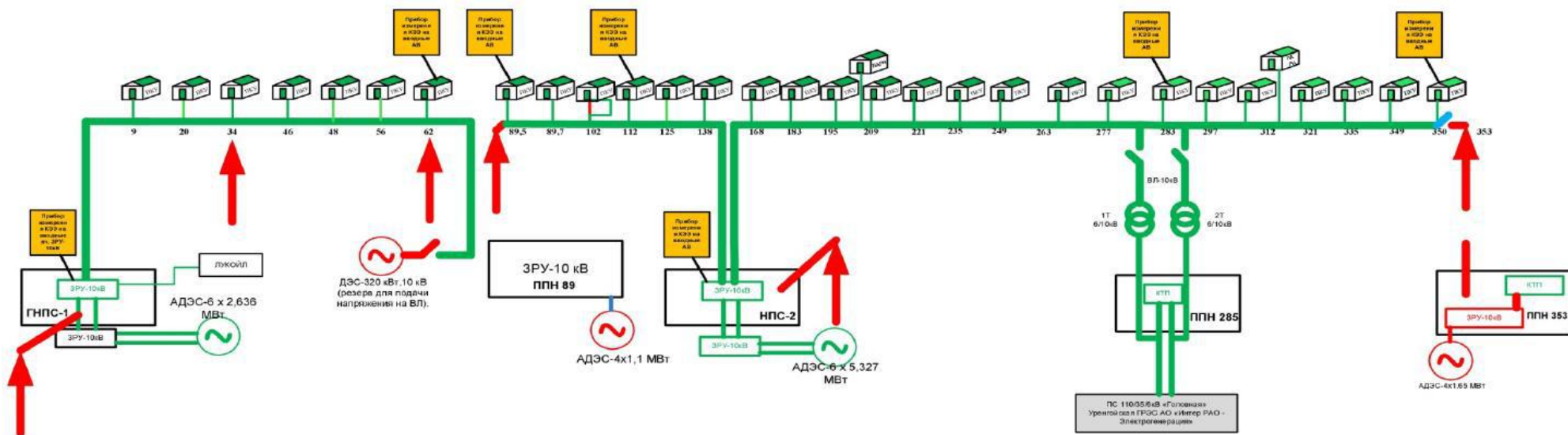


Схема вдольтрассовой ВЛ-10 кВ проекта ТС «Заполярье» – НПС «Пур-Пе»



Конфигурация существующих электрических сетей и текущий режим их эксплуатации (практически в режиме холостого хода) приводят к возникновению перенапряжений высокой частоты в точках отбора мощности на вдольтрассовой ВЛ10 кВ, что в свою очередь приводит к повреждению электрооборудования на ПКУ.



Наибольшие перенапряжения зафиксированы на участках:

1) с 34 по 62 км ВЛ 10 кВ «ГНПС-1 – ЛЧ МН 61км»
ТС «Заполярье» – НПС «Пур-Пе» 0км - 61 км;

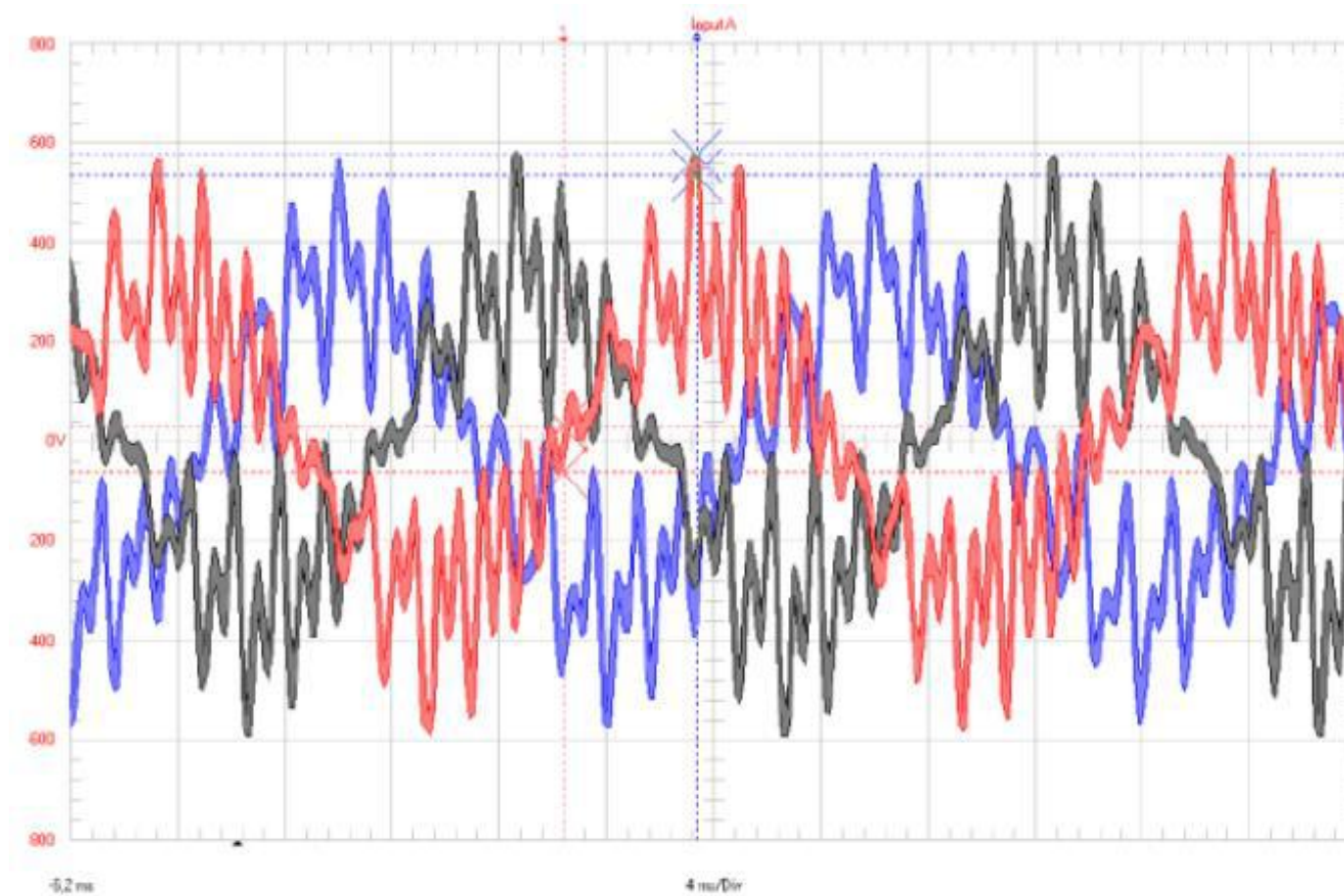
2) с 89 км по 112 км ВЛ 10 кВ «89 км – 153 км».

На участке ВЛ-10 кВ «НПС-2 – ППН 358 км» перенапряжения также были зафиксированы, но имели значительно меньшую величину.

Как показали непосредственные измерения, в точках отбора мощности зафиксировано напряжение частоты порядка 1150 Гц, что соответствует 23 гармонике.



Осциллограммы напряжения на ПКУ 62 км при пуске ПНА №1, 2 и МНА № 2





Причину появления таких перенапряжений можно разделить на две составляющие:

1) гармоники тока, генерируемые 12-ти импульсными преобразователями частоты устройств автоматического регулирования типа ПЧТЭ-1000...5500-ТВ во время пусков, остановов или настройки заданных режимов работы приводимого в движение электродвигателя насосного агрегата на ГНПС-1 и НПС-2;

2) слабо загруженные линии, в которых на частотах 1150-1250 Гц проявляются волновые свойства, так как они имеют четверть волновую длину для частот 23-ей и 25-ой гармоник. Тем самым вдольтрассовые ВЛ 10 кВ представляют собой высокочастотный широкополосный резонансный контур и обеспечивают ненормативное (на отдельных участках практически вдвое) увеличение максимумов значений напряжения на концах линий за счет многократного усиления высших гармонических напряжений, генерируемых преобразователями частоты.



Для расчетов переходных и установившихся процессов, на базе схемы вдольтрассовой ВЛ и справочных величин разработана математическая модель электрической сети (эквивалентная однофазная схема участка «ГНПС-1 – ЛЧ МН 61км» ТС «Заполярье» – НПС «Пур-Пе» 0км - 61 км).

По результатам расчетов проведено сопоставление полученных величин (амплитуды напряжения в расчетных узлах) с результатами замеров, предоставленных АО «Транснефть-Сибирь», и выявлено их соответствие.

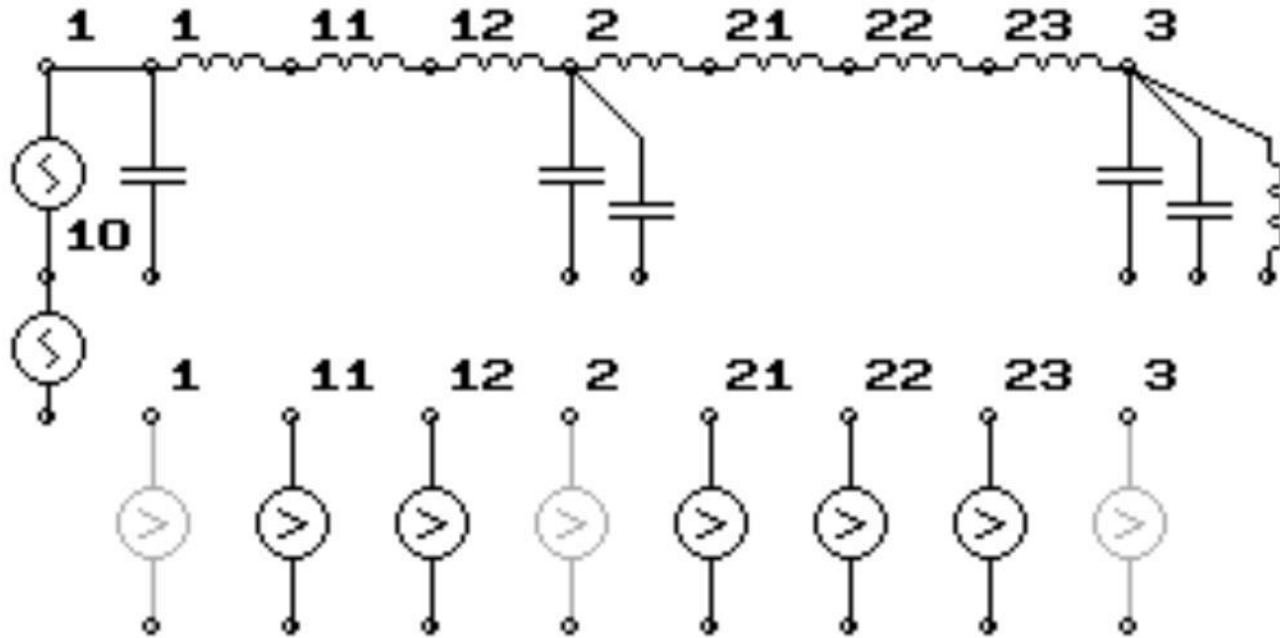
Так, например во время замеров на ПКУ 62 км U (max. амплит.) достигало 1032 В, что в 1,9 раза выше U (max. амплит. ном.) = 540 В.

Практически такие же превышения напряжения для данного узла получены при расчетах на математической модели.

Аналогичная ситуация наблюдается и в других контрольных точках, в которых проводились измерения качества электрической энергии.



Эквивалентная однофазная схема участка «ГНПС-1 – ЛЧ МН 61км» ТС «Заполярье» – НПС «Пур-Пе» 0км - 61 км

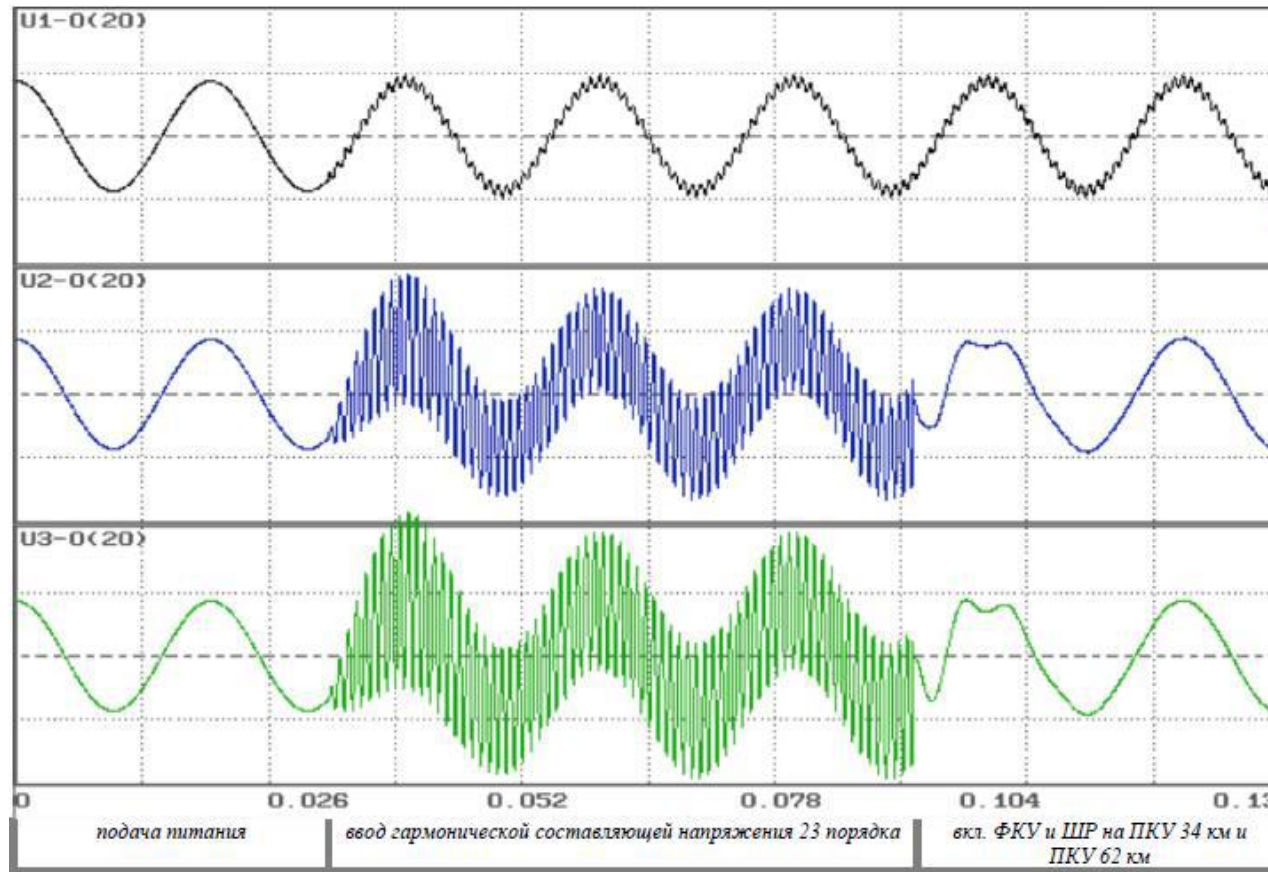


Узлы нагрузок:

1. Центр питания,
2. ГНПС-1 «Заполярье»
2. ПКУ 34 км
3. ПКУ 62 км
- 11 – ПКУ 9 км,
- 12 – ПКУ -20 км,
- 21 – ПКУ 46 км,
- ПКУ – 48 км,
- ПКУ 56 км



Результаты расчета переходного процесса на разработанной математической модели электрической сети на участке «ГНПС-1 – ЛЧ МН 61км» ТС «Заполярье» – НПС «Пур-Пе» 0км - 61 км



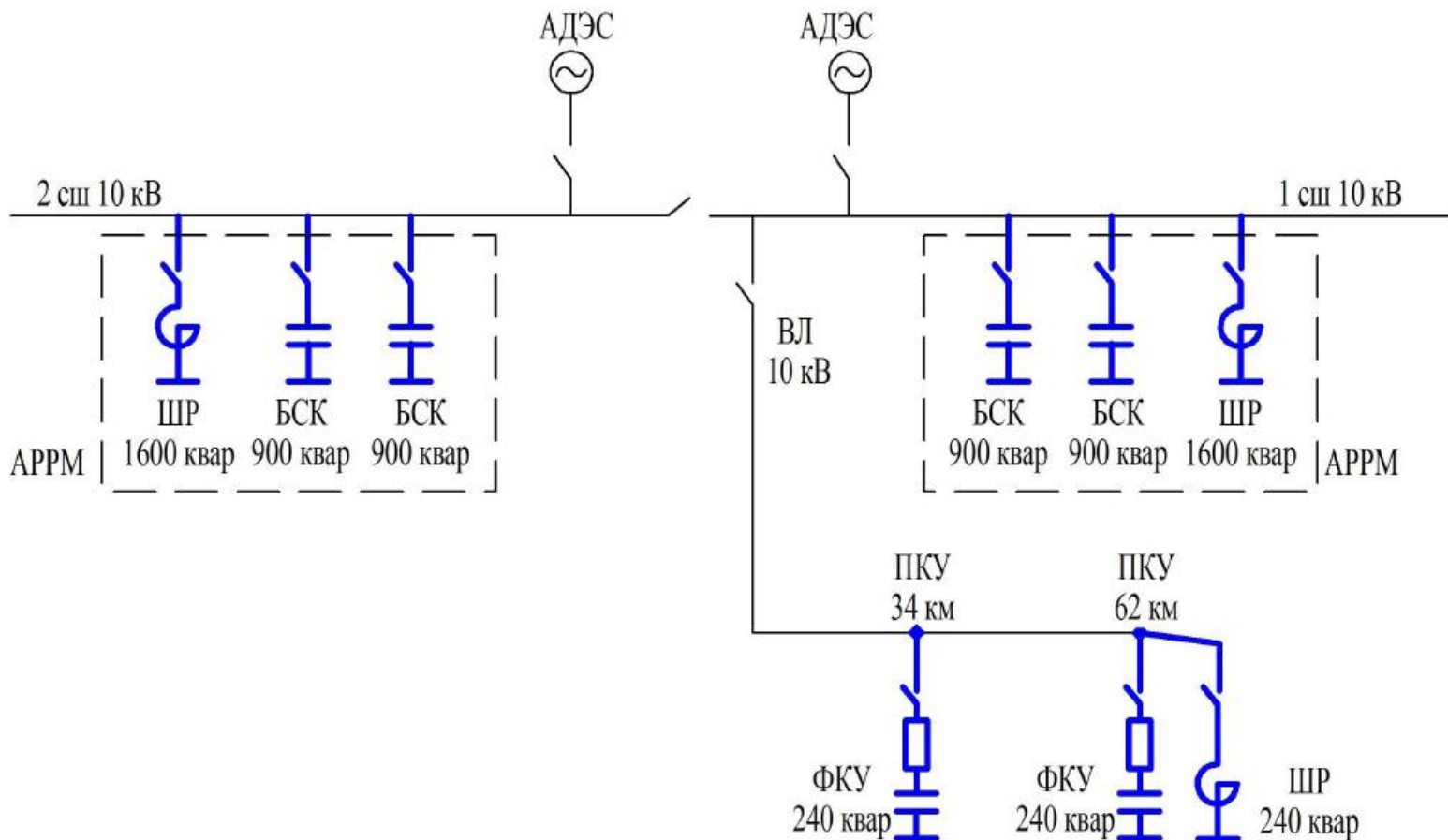


По результатам расчетов, для обеспечения на шинах ЗРУ 10 кВ ГНПС-1 и НПС-2 и вдольтрассовой ВЛ 10 кВ качества электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ32144-2013, разработана «Распределенная система компенсации реактивной мощности и нелинейных искажений в сети 10 кВ АО «Транснефть-Сибирь» вдольтрассовой ВЛ-10 кВ, шинах ЗРУ-10 кВ ГНПС-1 «Заполярье» и НПС-2 «Ямал».

Точки расстановки устройств для улучшения качества электроэнергии предусмотренные в «Распределенной системе компенсации реактивной мощности и нелинейных искажений...» отмечены на схеме.



Схема расстановки дополнительных устройств для улучшения качества электроэнергии на ГНПС-1 и ВЛ 10 кВ «ГНПС-1 – ЛЧ МН 61км».





Требования к конфигурации системы после ввода в эксплуатацию дополнительных устройств для улучшения качества электроэнергии:

1. ФКУ 240 кВАр (РС типа) и ШР 240 кВАр на ПКУ 34 км и 62 км - включены постоянно. Это оборудование было введено в работу в мае 2018 года.

2. ШР 1600 кВАр на 1 и 2 СШ 10 кВ – включены постоянно при неработающих ЧРП. Ввод в работу планируется в 2019 году.

3. Две БСК 900 кВАр и ШР 1600 кВАр на СШ 10 кВ – работают в автоматическом режиме в составе автоматического регулятора реактивной мощности (АРРМ) в зависимости от требуемого $\cos\phi$ в точке подключения. Тем самым обеспечивается трехступенчатое регулирование реактивной мощности на каждой секции шин 10 кВ. Ввод в работу планируется в 2020 году.



Гармонический состав напряжения на ПКУ 62 км. вдольтрассовой ВЛ-10кВ
«ГНПС-1 - ЛЧ МН 61км» при проведении измерений 30.05.2018г.

№ п/п	Подключенное оборудование	Гармоники в напряжении, % от U (мах. ном.)							
		U5 (250 Гц) Норма 6%	U7 (350 Гц) Норма 5%	U11 (550 Гц) Норма 3,5%	U13 (650 Гц) Норма 3%	U19 (950 Гц) Норма 1,5%	U21 (1050 Гц) Норма 0,2%	U23 (1150 Гц) Норма 1,5%	U25 (1250 Гц) Норма 1,5%
1	ПНА №1, 2, МНА № 2	3,7	1,3	14	19	1,8	2,8	21,7	17,6
2	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2	2,2	0,5	1,5	0,8	0,2	0,2	2,9	0,5
3	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2 - ФКУ 34 км.	3,1	0,6	0,6	0,4	0,1	0	0,1	0,1
4	ПНА №1, 2, МНА № 2, ФКУ 62 км.	4,5	0,5	2,4	2,4	0,1	0,2	0,4	0,1
5	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2 ФКУ 34, 62 км.	2,7	0,6	0,4	0,2	0	0	0,1	0,1
6	ПНА №1, 2, МНА № 2, ФКУ 34, 62 км.	3,3	0,4	2	1,6	0,1	0,1	0,1	0,1
7	ПНА №1, 2, МНА № 1, 2, ФКУ 34, 62 км.	2,7	0,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	ПНА №1, 2, МНА № 1, 2, ФКУ 34, 62 км, БСК № 1, 2	6,4	0,6	0	0,1	0	0	0	0

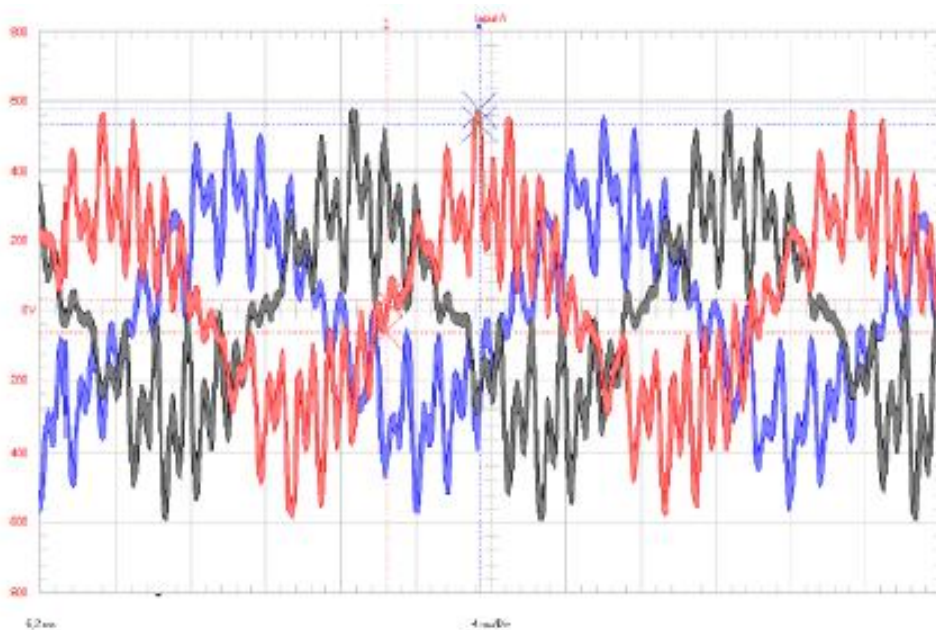


Гармонический состав напряжения на ПКУ 34 км. вдольтрассовой ВЛ-10кВ
«ГНПС-1 - ЛЧ МН 61км» при проведении измерений 30.05.2018г.

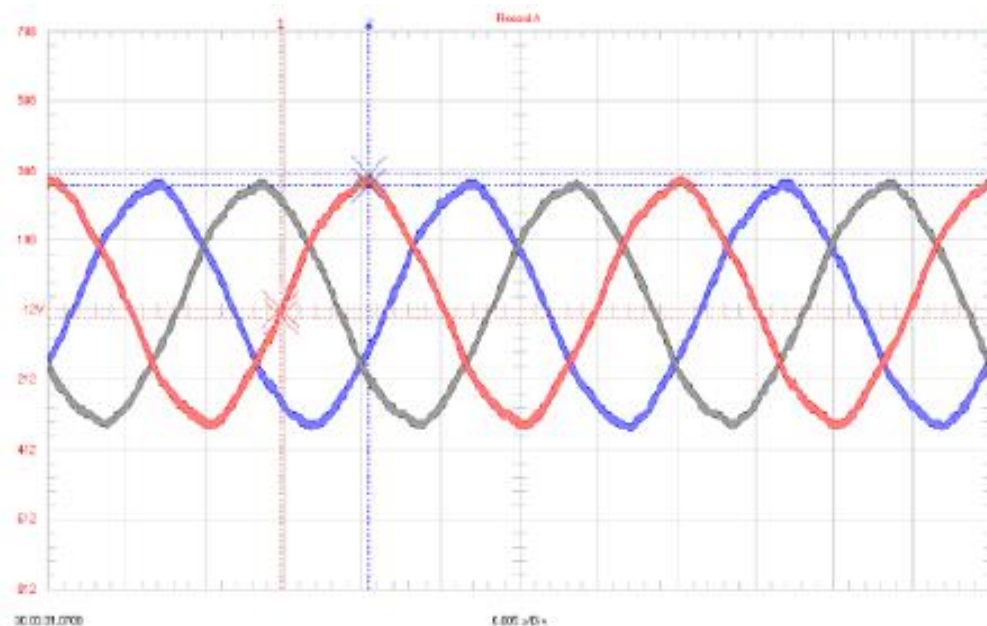
№ п/п	Подключенное оборудование	Гармоники в напряжении, % от U (тах. ном.)							
		U5 (250 Гц) Норма 6%	U7 (350 Гц) Норма 5%	U11 (550 Гц) Норма 3.5%	U13 (650 Гц) Норма 3%	U19 (950 Гц) Норма 1.5%	U21 (1050 Гц) Норма 0.2%	U23 (1150 Гц) Норма 1,5%	U25 (1250 Гц) Норма 1.5%
1	ПНА №1, 2, МНА № 2	3,1	1.4	17,8	24.6	1,9	1.2	15,2	9,4
2	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2	9,3	2,3	2,3	1,8	0,5	0,2	3,8	1,0
3	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2 ФКУ 34 км.	3,6	0,9	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
4	ПНА №1, 2, МНА № 2, БСК № 1, 2 ФКУ 34, 62 км.	4,5	0,4	0,4	0,5	0	0,1	0,1	0,1
5	ПНА №1, 2, МНА № 2, ФКУ 34, 62 км.	1,9	0,4	3,4	3,7	0,2	0,2	0,3	0,3
6	ПНА №1, 2, МНА № 1, 2, ФКУ 34, 62 км.	1,4	0,4	1,2	0,8	0,1	0	0,4	0,2
7	ПНА №1, 2, МНА № 1, 2, ФКУ 34, 62 км., БСК № 1, 2	4,5	0,3	0,2	0	0	0	0	0



Осциллограммы напряжения на ПКУ 62 км при пуске ПНА №1, 2 и МНА № 2.



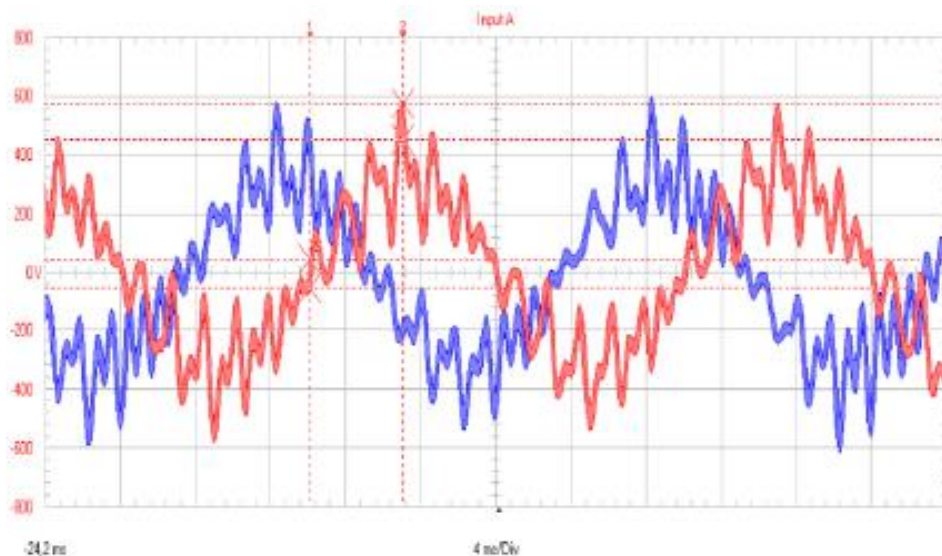
ФКУ на 34 и 62 км отключены.



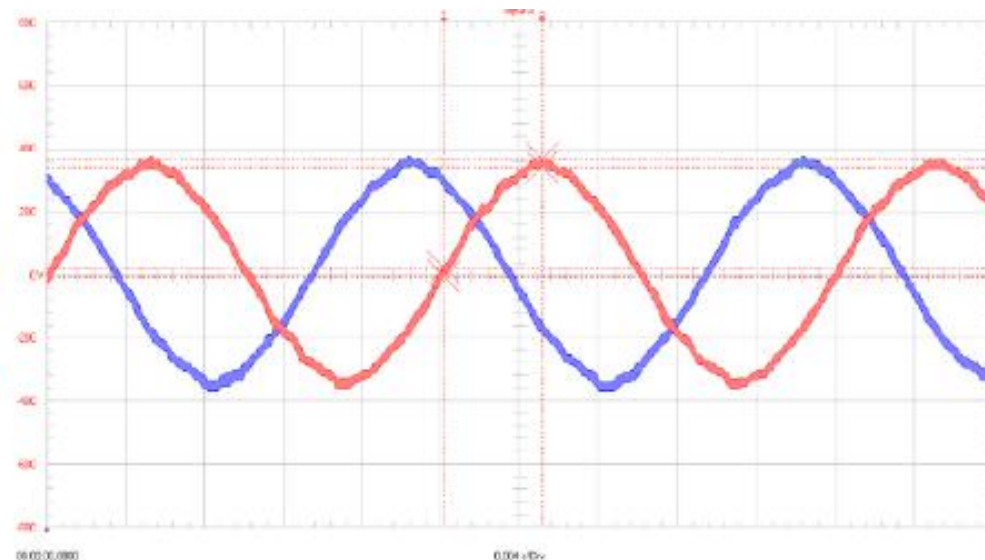
ФКУ на 34 и 62 км подключены.



Осциллограммы напряжения на ПКУ 34 км при пуске ПНА №1, 2 и МНА № 1, 2.



ФКУ на 34 и 62 км отключены.



ФКУ на 34 и 62 км подключены.



Выводы:

По результатам анализа измерений высших гармоник в напряжении, проведенных на ПКУ 62 км, ПКУ 34 км и ГНПС-1 км, можно сделать заключение, что разработанное по техническим решениям ООО «ЭСКО» и введенное в работу оборудование ФКУ и ШР эффективно снижает нелинейные искажения в напряжении на 34 км и 62 км ВЛ-10кВ «ГНПС-1 - ЛЧ МН 61км».

Это подтверждает правильность проведенных расчетов и правильность выбора параметров установленного оборудования.

Осциллограммы снятые на 62 км и 34 км наглядно демонстрируют справедливость вышеприведенных выводов.



Спасибо за внимание!

Контактная информация:

ООО «Электросетевые компенсаторы»

(ООО «ЭСКО»)

111401, Москва, 1-я Владимирская, д.33, стр.1

Телефон: +7 (495) 995-52-28,

факс: +7 (495) 995-52-29

www.eskomoscow.com