

***О ПЕРЕВОДЕ ВЛ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА
ПОСТОЯННЫЙ ТОК ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ***

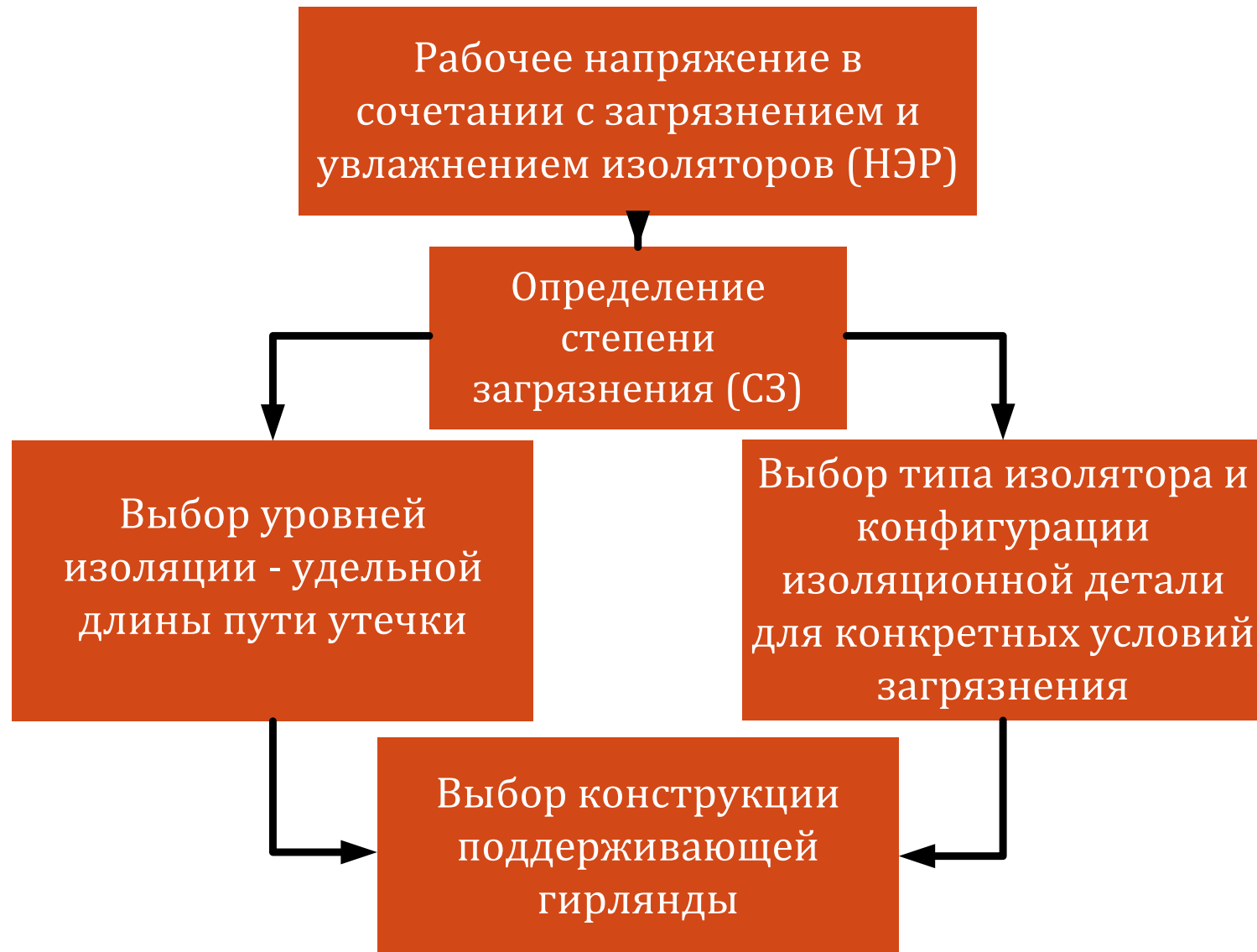
Отдел ТВН ОАО «НИИПТ»
Владимирский Л.Л.

Общие положения

Выбор основных конструктивных элементов ВЛ ППТ с учетом расчетных климатических условий вдоль трассы ВЛ

- Линейная изоляция (степень загрязнения)
- Воздушные изоляционные промежутки на опоре и в середине пролёта (скоростной напор ветра)
- Конструкция полюса (гололёдная нагрузка)
- Система грозозащиты (грозовая активность в районе трассы ВЛ)
- Тип и конструкция опор (скорость ветра, температура воздуха, толщина стенки гололёда)

Выбор линейной изоляции



Выбор изоляционных воздушных промежутков на опоре и габарита до земли

Расчетные условия, определяющие габариты воздушных промежутков, задающих геометрию опор

Промежуток	Расчетное условие
Вертикальный промежуток «провод-траверса опоры»	Длина гирлянды, выбранная по нормальному эксплуатационному режиму, т.е. воздействию рабочего напряжения в сочетании с загрязнением и увлажнением поверхности изоляторов
Горизонтальный промежуток «провод-опора»	Наибольшее рабочее напряжение с учетом отклонения гирлянды боковым ветром; воздействие коммутационных перенапряжений ($K_{\text{п}} = 1,8-2,0$) при расчетном ветровом напоре; безопасное производство работ на опоре под напряжением
Промежуток между проводами полюсов в пролёте	Наибольшее рабочее напряжение, конструктивные параметры ВЛ и климатические условия (пляска и схлестывание проводов)
Промежуток «провод-земля» в пролёте	Коммутационные перенапряжения, экологические требования и напряженность электрического поля под линией при рабочем напряжении

Выбор системы грозозащиты

Специфические особенности ВЛ ППТ :

- Грозоупорность биполярной ВЛ обеспечивается тросовой защитой и при необходимости ОПН
- Разряд молнии в 90 % случаях имеет отрицательную полярность, поэтому изоляция положительного полюса в большой мере подвержена перекрытию
- Обратное перекрытие при ударе в опору происходит только на положительном полюсе
- Двухполюсные перекрытия от ударов молнии практически исключены

Выбор проводов и оценка влияния ВЛ ППТ на окружающую среду

Конструкция полюса

Возможность применения меньшего числа составляющих при большем сечении каждого провода по сравнению с ВЛ переменного тока

Напряженность электрического поля на поверхности составляющих проводов в полюсе E_M

$$E_M \leq 0,9 E_0$$

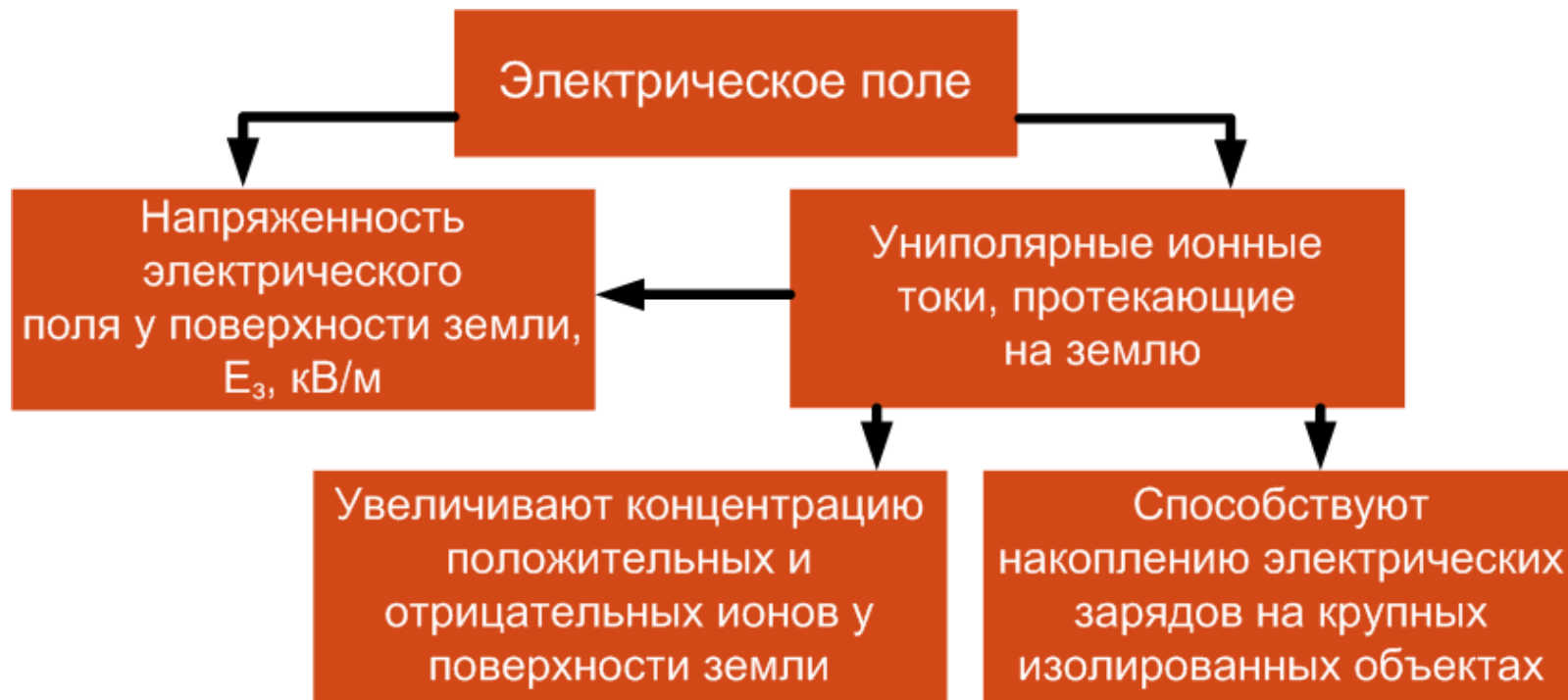
где E_M - максимальная напряженность на поверхности проводов, E_0 - напряженность начала общей короны при постоянном напряжении выше, чем при переменном

Минимальное сечение полюса определяется

Требованием к экономической плотности тока
Ограничением коронного разряда
Обеспечением допустимого уровня радиопомех
Механической прочностью проводов

Оценка влияния ВЛ ППТ на окружающую среду

Основные факторы биологического влияния ВЛ постоянного тока



Для биполярных ВЛ ППТ рекомендуется принимать предельно допустимые значения:

$E_3 = 30 \div 40$ кВ/м – напряженность электрического поля у поверхности земли;

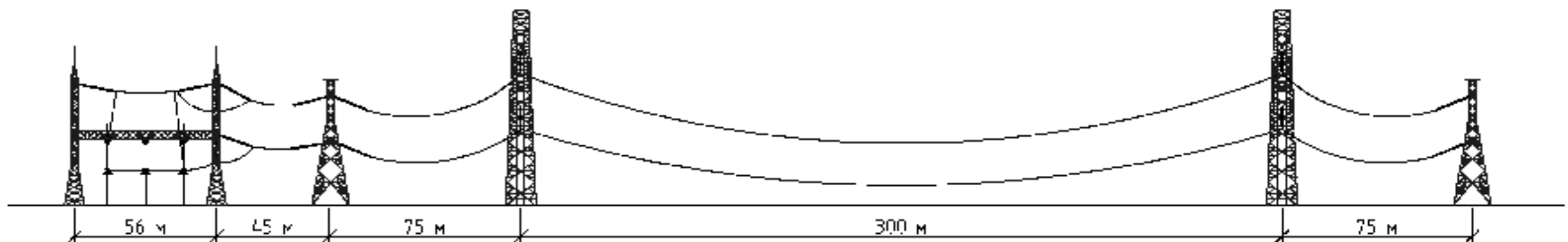
$j_{\max} \leq 100$ нА/м² – плотность ионного тока на землю;

$n \leq 3 \cdot 10^5$ см⁻³ – концентрация ионов у поверхности земли при j_{\max}

Линейный полигон в составе проектируемого Федерального испытательного центра (ФИЦ)

Для создания современных ВЛ постоянного тока и проверки технических решений при переводе ВЛ переменного тока на постоянный ток в составе ФИЦ создается линейный полигон, состоящий из:

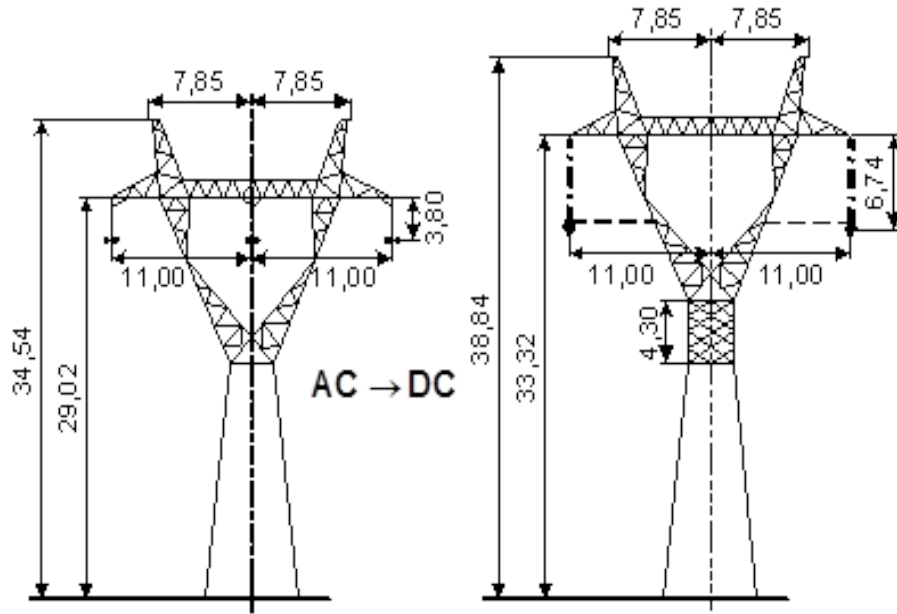
- опытной ВЛ постоянного тока (± 800 кВ)
- опытной ВЛ переменного тока (1000 кВ)
- комплекса высоковольтных испытательных установок (постоянного, переменного и импульсного напряжений)
- лаборатории для испытания внешней изоляции электроустановок



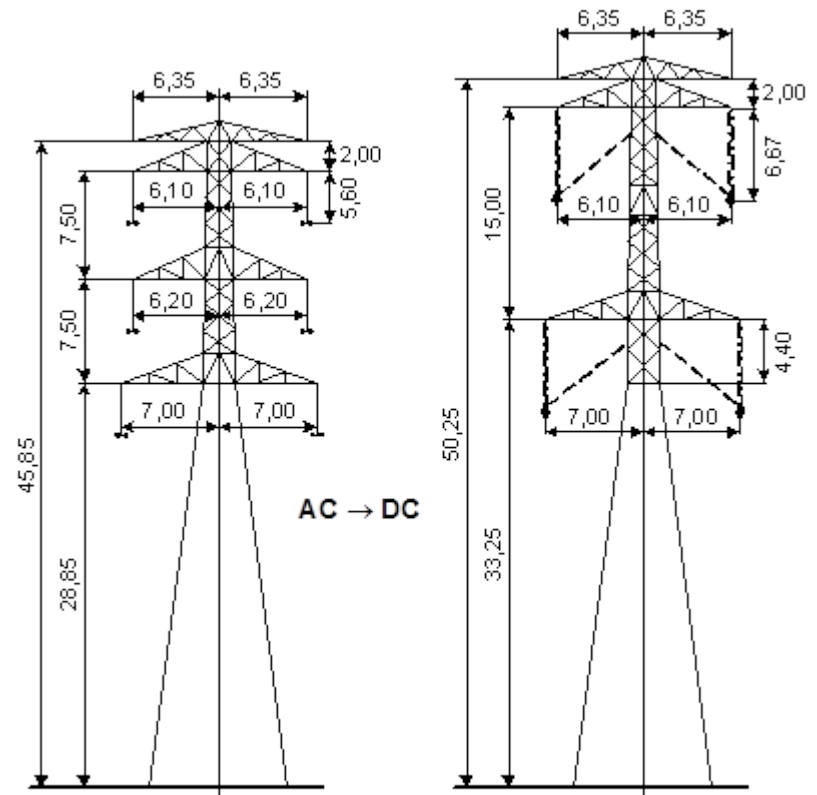
Основные варианты повышения пропускной способности ВЛ

1. Замена состаренных проводов на аналогичные новые провода
2. Повышение напряжения ВЛ
3. Увеличение тока нагрузки за счет повышения сечения проводов или за счет повышения температуры проводов
4. Строительство дополнительной второй ВЛ или двухцепной ВЛ вместо одноцепной
5. Перевод ВЛ с переменного на постоянный ток с возможностью изменения мощности, передаваемой по линии, и снижения потерь

Перевод ВЛ с переменного на постоянный ток для увеличения пропускной способности



Преобразование одноцепной ВЛ 330 кВ переменного тока с фазой 2×АС 380/50 (Нигерия) в биполярную ВЛ ± 500 кВ постоянного тока с полюсом 3×АС 380/50

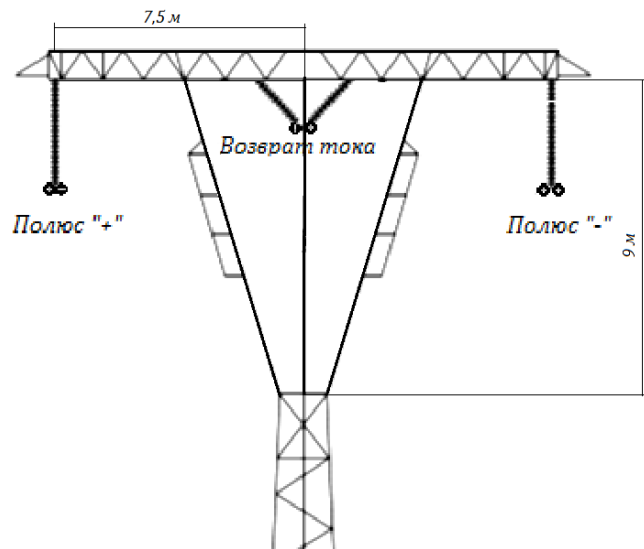


Преобразование двухцепной ВЛ 330 кВ переменного тока с фазой 2×АС 380/50 (Нигерия) в двухцепную ВЛ ± 500 кВ постоянного тока с полюсом 3×АС 380/50

Анализ возможности перевода ВЛ переменного тока на постоянный ток

Основные параметры ВЛ 220 кВ

- Номинальное напряжение - 220 кВ
- Провод - 1×АС 500
- Современные требования:
 - Экономическая плотность тока 0,8 А/мм²
 - Ток - 400 А
 - Мощность - 160 МВА
- Для увеличения передаваемой мощности ВЛ работает при токе 600-900 А, что привело к износу проводов
- Срок эксплуатации - 50 лет
- Тип промежуточной опоры ПМТ - 220
- Степень загрязнения - 1
- Существующая линейная изоляция:
 - 14хП-4,5 (строительная высота 234 см)
 - 14хП-7 (строительная высота 238 см)
 - Длина изолирующей подвески примерно 300 см
- Потребность увеличения передаваемой мощности в 2-3 раза (320-480 МВА) и возможность регулирования передаваемой мощности



Возможности увеличения пропускной способности ВЛ переменного тока

- При напряжении 220 кВ и передаваемой мощности даже 320 МВА потребуются замена провода на 2×АС 500, а для снижения механической нагрузки на опоры потребуются установка в каждом пролёте дополнительной опоры
- Для передаваемой мощности 480 МВА потребуются строительство новой ВЛ переменного тока

Строительная длина гирлянд изоляторов

ВЛ постоянного тока

Степень загрязнения - 1; $\lambda_{ac}=1,6$ см/кВ, $\lambda_{dc} = \lambda_{ac} \cdot \sqrt{3} \cdot K_{dc} \cdot K_L \cdot K_k$

Существующая строительная длина гирлянды ВЛ 220 кВ: 234-238 см

Тип изолятора			U _{нр} , кВ	Длина пути утечки гирлянды, L _Г , см	Количество изоляторов в гирлянде, n	Строительная высота гирлянды, H _{Г(стр)} , см
ДФИ 250	Длинностержневой фарфоровый		200	764	2	240
			250	956	2	286
			300	1146	2	332
ПСВ 120 Б	Тарельчатый из специального стекла		200	792	18	229
			250	990	23	292
			300	1188	27	343
ПСВ 160 А	Тарельчатый из специального стекла		200	792	15	219
			250	990	19	278
			300	1188	22	321
ПСВ 210 А	Тарельчатый из специального стекла		200	792	15	255
			250	990	18	306
			300	1188	22	374
ПСВ 300 А	Тарельчатый из специального стекла		200	792	13	254
			250	990	16	312
			300	1188	20	390

Наименьшее изоляционное расстояние по воздуху (в свету) от токоведущих до заземленных частей опоры

Расчетное условие	Климатические условия	Наименьшее изоляционное расстояние, см, при напряжении ВЛ, кВ		
		±200кВ	±250 кВ	±300 кВ
Грозовые перенапряжения	Ветровое давление 50 Па. Температура +15°C. Гололед отсутствует	195	245	290
Внутренние перенапряжения		170	215	255
Обеспечение безопасного подъема на стойку опоры (без выхода на траверсу) без выключения ВЛ	Температура -15°C. Ветер и гололед отсутствуют	220	270	320
Рабочее напряжение	Максимальный ветер при - 5°C. Гололед отсутствует	80	90	100

Анализ габаритных размеров опоры ПТМ-220 показывает, что она удовлетворяет требованиям к размерам воздушных промежутков для всех рассматриваемых вариантов ВЛ постоянного тока по классу напряжения, расчетным и климатическим условиям, а также электрическим требованиям.

Минимальный габарит до земли в ненаселенной местности при рабочем напряжении равном ± 200 , ± 250 и ± 300 кВ

Рабочее напряжение	± 200 кВ	± 250 кВ	± 300 кВ
Габарит до земли, м	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0

- Предельно допустимые значения:
- Напряженность электрического поля у поверхности земли
- Плотность ионного тока на землю для населения

$$E_z = 30 \div 40 \text{ кВ/м}$$

$$j_{\max} \leq 100 \text{ нА/м}^2$$

Выбор электрических параметров ВЛ постоянного тока

- Биполярная ВЛ постоянного тока
- Увеличение пропускной способности в 2,25-3 раза (360-480 МВА) по отношению к фактической пропускной способности действующей ВЛ переменного тока (160 МВА)
- Напряжение постоянного тока «полюс-земля», варианты: 200, 250, 300 кВ
- Возврат тока – металлический

Варианты ВЛ постоянного тока

Плотность тока, А/мм ²	Ток, А	Мощность, МВА	Напряжение, кВ	Конструкция полюса	Длина гирлянды, м	Примечание
1,2	800	480	300	1×АС650	3,3	Замена проводов. Установка дополнительных или реконструкция существующих опор
	600	360	300	1×АС500	3,3	Реконструкция опор
		300	250	1×АС500	2,8	Возможна реконструкция опор
		240	200	1×АС500	2,3	Без замены проводов и реконструкции опор

Предложения по развитию ВЛ ППТ в России

1. Провести в 2016 г. в России международную научно-техническую конференцию стран БРИКС и других заинтересованных стран и организаций по исследованиям, проектированию, созданию и эксплуатации ВЛ постоянного тока
2. Рассмотреть стратегию развития электросетевого комплекса РФ с учетом сооружения линий электропередачи постоянного тока, а также применения рациональных вариантов перевода ВЛ переменного тока на постоянный ток для увеличения пропускной способности
3. Выполнить НИР по выбору оптимальных вариантов перевода ВЛ переменного тока на постоянный ток с целью увеличения их пропускной способности с разработкой технических решений по воздушной линии и концевым преобразовательным устройствам.