

# Пути увеличения пропускной способности воздушной линии Итат–Экибастуз–Челябинск

БУШУЕВ В.В., ЗИЛЬБЕРМАН С.М., КРАСИЛЬНИКОВА Т.Г., САМОРОДОВ Г.И.

*Рассмотрены варианты повышения пропускной способности линии Итат–Экибастуз–Челябинск в габаритах 1150 кВ, работающей в настоящее время на напряжении 500 кВ, до 3000 МВт. Первый вариант осуществляется переводом этой линии на напряжение 1150 кВ по компенсированной схеме, а во втором варианте используется полуволновая технология передачи электроэнергии. Дано технико-экономическое сравнение этих вариантов.*

**Ключевые слова:** линия в габаритах 1150 кВ, пропускная способность, компенсированная электропередача, полуволновая электропередача, технико-экономические показатели

Исходя из оптимальных условий функционирования ЕЭС России, необходимо усиление электрических связей между ОЭС Сибири и Европейской частью ЕЭС (ЕЕЭС) страны. Это позволит повысить эффективность и надёжность функционирования ЕЭС России, включая такие аспекты как:

расширение зоны оптового рынка электроэнергии и мощности;

максимальное использование широтного эффекта от объединения энергосистем;

привлечение неиспользуемой мощности ГЭС Сибири для покрытия дневной полупиковой части графика нагрузки ОЭС Урала и ЕЕЭС;

исключение сбросов водных ресурсов на сибирских ГЭС;

создание условий для использования в Европейской части России энергетического потенциала Сибири, обусловленного запасами канско-ачинского угля, что способствует диверсификации топливной базы электроэнергетики;

сокращение аварийного резерва в ОЭС Сибири, ОЭС Урала и ЕЕЭС;

повышение энергетической безопасности страны.

Одним из путей усиления электрических связей ОЭС Сибири, обсуждаемых в настоящее время, является вариант перевода ВЛ Итат–Алтай – Экибастуз–Кокчетав–Кустанай–Челябинск на номинальное напряжение 1150 кВ по компенсированной схеме. На данный момент эта ВЛ эксплуатируется на напряжении 500 кВ (рис. 1) и её пропускная способность составляет не более 800 МВт. В дальнейшем вариант по компенсированной схеме

*Possible options are considered for increasing the transmission capacity of the Itat–Ekibastuz–Chelyabinsk power line physically sized as a 1150 kV power line, which presently operates at a 500 kV voltage, to 3000 MW. The first option consists of shifting this line to operate at a 1150 kV voltage using an appropriate reactive power compensation arrangement. The second option implies using the half-wavelength power transmission technology. A technical-economic comparison of these options is given.*

**Key words:** power line physically sized as a 1150 kV line, transmission capacity, compensated power line, half-wavelength power transmission, technical-economic indicators

для краткости будем называть компенсированной электропередачей (КЭП) 1150 кВ Итат–Челябинск, имея в виду не только линию, но и оборудование 1150 кВ, которое необходимо установить на ней.

Учитывая, что суммарная длина ВЛ Итат–Алтай – Экибастуз–Кокчетав–Кустанай–Челябинск составляет примерно 2350 км, что близко к полуволновой длине (2900 км), целесообразно рассмотреть вариант работы этой ВЛ по полуволновой схеме. Соответственно этот вариант будем именовать полуволновой электропередачей (ПЭП) Итат–Челябинск.

При дальнейшем технико-экономическом анализе этих вариантов рассматривается два этапа увеличения пропускной способности этой ВЛ: до 1500 МВт на первом этапе и до 3000 МВт на втором этапе, что приемлемо по условию надёжной работы ЕЭС России.

**Компенсированная электропередача 1150 кВ Итат–Челябинск.** Оборудование 1150 кВ, установленное в 80-е годы только на подстанциях Экибастуз, Кокчетав и Кустанай, по данным Казахстанской компании по управлению электрическими сетями, на данный момент морально и физически устарело и не может быть использовано при переводе ВЛ Итат–Челябинск на напряжение 1150 кВ. Таким образом, необходимо восстановить базу по созданию всего комплекса оборудования на напряжение 1150 кВ.

Перевод ВЛ Итат–Челябинск на 1150 кВ по компенсированной схеме можно осуществить двумя способами. Первый способ предполагает замыкание этой линии с помощью автотрансформа-

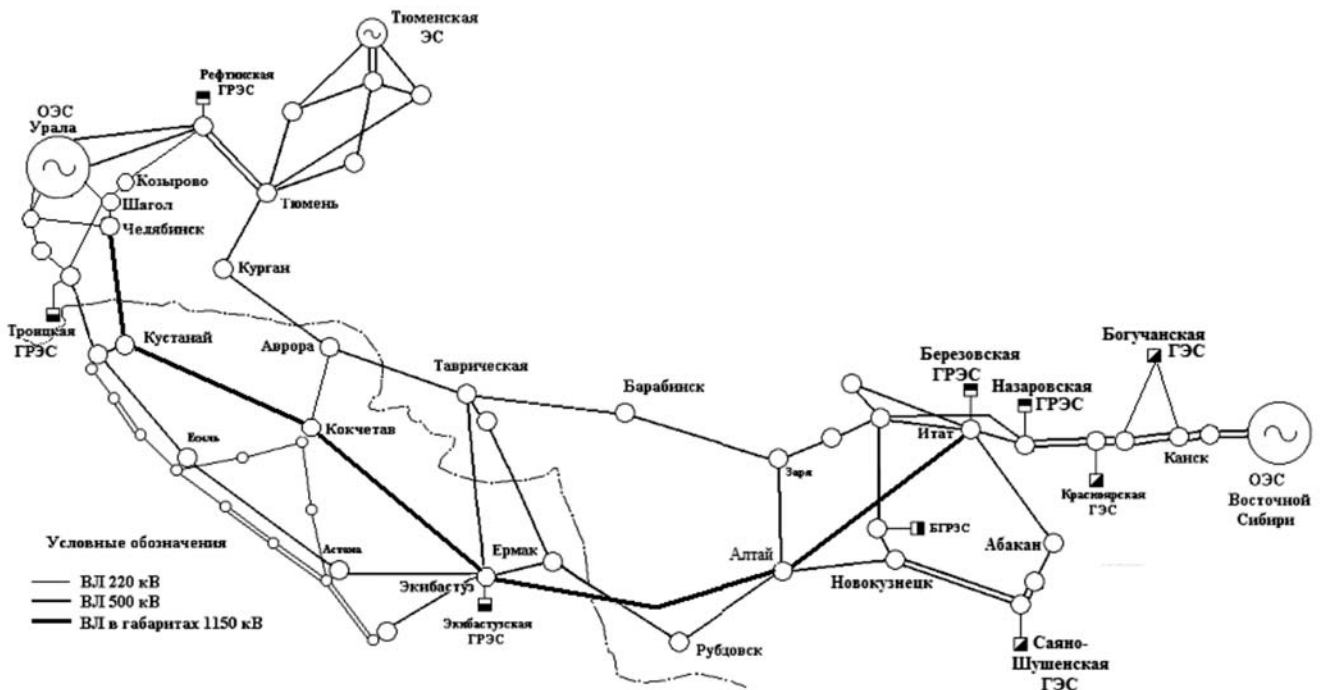


Рис. 1. Схема основной электрической сети Сибирь–Урал:  $\circ$  – ПС 220 кВ;  $\bigcirc$  – ПС 500 кВ; — — — ВЛ в габаритах 1150 кВ

торов (АТ) 1150/500 кВ к сети 500 кВ не только на конечных подстанциях в Итате и Челябинске, но и на промежуточных подстанциях Алтай, Экибастуз, Кокчетав и Кустанай. Однако учитывая основное назначение этой ВЛ – усиление связи между Сибирью и Уралом, целесообразней по экономическим и техническим соображениям ориентироваться на прямое объединение ОЭС Сибири и ОЭС Урала без примыкания к сети 500 кВ на промежуточных подстанциях (рис. 2,а).

На первом этапе для передачи 1500 МВт на подстанциях устанавливается по одному АТ 1150/500 кВ мощностью 2000 МВА. Для компенсации реактивной мощности ВЛ 1150 кВ, а также для исключения повышения напряжения на линии сверх наибольшего рабочего напряжения 1200 кВ необходимо уже на первом этапе установить 18 шунтирующих реакторов (ШР) мощностью по 900 Мвар. На вто-

ром этапе на подстанциях устанавливается ещё по одному АТ 1150/500 кВ. Анализ режимов работы КЭП Итат–Челябинск при изменении потоков мощности от 0 до 3000 МВт показывает, что для поддержания напряжения на линии в пределах допустимого необходимо наряду с обычными ШР применение управляемых ШР (УШР), требуемое число которых показано на рис. 2,а. Предполагается возможность разработки и применения на данной ВЛ УШР 1150 кВ мощностью 900 Мвар.

На рис. 2,б показано распределение напряжений вдоль КЭП Итат–Челябинск (расстояние – от Челябинска) в двух режимах при условии поддержания напряжения в пунктах установки ШР и УШР так, чтобы напряжение на линии не превышало наибольшего рабочего 1200 кВ.

**Полуволновая электропередача 500 кВ Итат–Челябинск (первый этап 1500 МВт).** Полуволновые

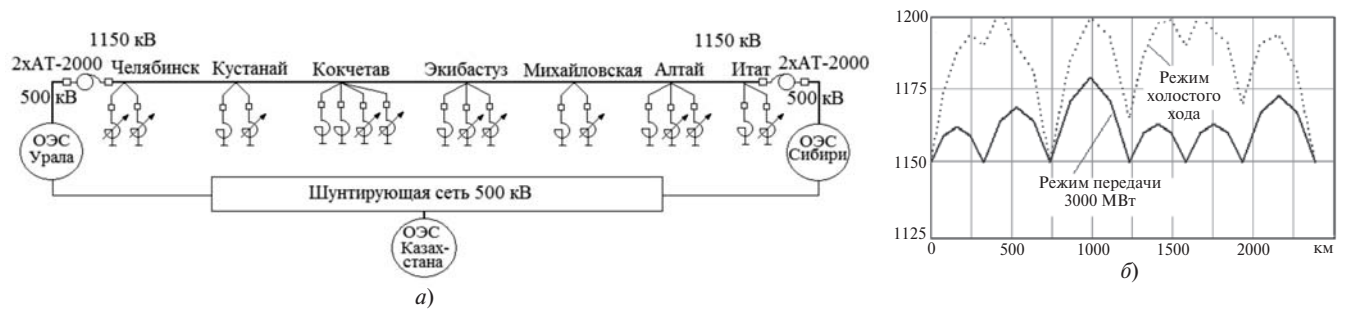


Рис. 2. Схема компенсированной электропередачи 1150 кВ Итат–Челябинск (а) и распределение напряжения вдоль этой линии (б): — — — режим передачи 3000 МВт; ---- — режим холостого хода

линии обладают двумя замечательными свойствами, которые определяют их преимущество перед компенсированными линиями переменного тока [1, 2]. Первое свойство заключается в том, что такая линия не имеет ограничений на передаваемую мощность по условию устойчивости в силу того, что её реактивное сопротивление равно нулю. Второе необычное свойство полуволновой линии состоит в том, что она сбалансирована по реактивной мощности и для её работы не требуется установки компенсирующих устройств. Если длина конкретной линии меньше полуволновой, то придать ей свойства полуволны можно путем включения в конечных пунктах устройств реактивной мощности, обеспечивающих искусственную настройку на полуволну.

Систематические исследования в области электропередач полуволнового типа начали проводиться в СибНИИЭ с 1956 г. под руководством основателя школы сибирских электроэнергетиков проф. В.К. Щербакова. В результате проведенного комплекса НИР и выполнения в 1978–1980 гг. совместно с Энергосетьпроектом технико-экономического обоснования ПЭП Сибирь–Европейская часть России напряжением 1150 кВ и передаваемой мощностью 13500 МВт были предложены экономичные и надёжные схемы и обоснованы технико-экономические параметры электропередач полуволнового типа с учётом их работы в составе сложного энергообъединения. Неоценимую роль в доказательстве работоспособности таких электропередач сыграли комплексные испытания ПЭП в 1967 г. в сети 500 кВ ЕЕЭС СССР под руководством объединенного диспетчерского управления, когда по полуволновой линии 500 кВ Волгоград–Москва–Челябинск длиной 2858 км успешно передавалась мощность 1050 МВт [3].

Следует отметить, что ни в одной другой стране мира не проводилось таких комплексных исследований в области полуволновой технологии передачи электроэнергии. В зарубежной печати было опубликовано лишь несколько разрозненных статей, посвящённых отдельным вопросам полуволновых электропередач.

Таким образом, благодаря отечественным исследованиям ПЭП являются хорошо проработанным объектом, ждущим своего практического внедрения. Однако отсутствие опыта эксплуатации таких электропередач вызывает настороженное отношение к ним, что объясняется рядом специфических свойств ПЭП. Но чтобы иметь опыт эксплуатации, надо создать такую электропередачу. Получается замкнутый круг: чтобы создать ПЭП – хорошо бы иметь опыт эксплуатации, а чтобы иметь этот опыт – надо соорудить ПЭП. Учитывая значительную стоимость такого объекта, понятны трудности внедрения полуволновой технологии.

На современном этапе имеется возможность внедрения полуволновой технологии в основной электрической сети Сибирь–Урал без существенных капитальных затрат. Организация полуволновых режимов на направлении Сибирь–Урал с использованием существующей ВЛ 1150 кВ Итат–Экибастуз–Челябинск представляет, с одной стороны, наиболее эффективный путь повышения пропускной способности основной электрической сети Сибирь–Урал, а с другой стороны, опыт её эксплуатации будет чрезвычайно полезен при проектировании и эксплуатации последующих полуволновых связей, которые могут потребоваться в России и других странах мира.

Применительно к задаче повышения пропускной способности ВЛ Итат–Челябинск до 1500 МВт схема ПЭП 500 кВ показана на рис. 3, а. Для созда-

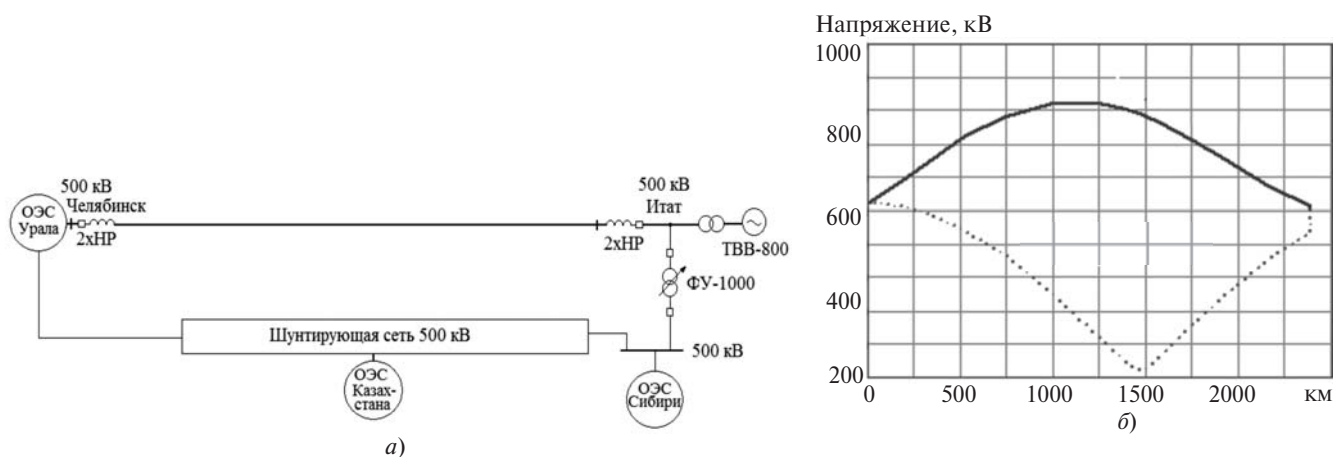


Рис. 3. Схема полуволновой электропередачи 500 кВ Итат–Челябинск (а) и распределение напряжения вдоль этой линии (б): — режим передачи 1500 МВт; ---- режим холостого хода

ния полуволновых режимов осуществляется настройка линии до полуволновой длины с помощью настраивающих реакторов (по два последовательно включённых реактора на каждом конце линии). В качестве параметров настраивающих реакторов (НР) использовались данные эскизных проработок (номинальное напряжение 500 кВ, номинальный ток 2,3 кА и сопротивление 31,4 Ом), выполненных Московским производственным объединением «Электрозавод» в рамках упомянутого выше технико-экономического обоснования ПЭП 1150 кВ Сибирь—Европейская часть России.

В состав ПЭП 500 кВ входит также фазорегулирующее устройство (ФУ) для связи её с шунтирующей сетью на напряжении 500 кВ. С помощью ФУ осуществляется согласование векторов напряжения передающего конца ПЭП с шунтирующей сетью 500 кВ. Оснащение ПЭП фазорегулирующим устройством позволяет осуществлять различные режимы загрузки ПЭП и повышает надёжность работы шунтирующей сети между Сибирью и Уралом. В 1978–1980 гг. при выполнении технико-экономического обоснования ПЭП 1150 кВ Сибирь—Европейская часть России были проведены эскизные проработки фазорегулирующего устройства Всесоюзным институтом трансформаторостроения. Фазорегулирующее устройство состоит из последовательно соединённых автотрансформатора продольного регулирования и трансформатора поперечного регулирования проходной мощностью 1000 МВА и диапазоном поперечного регулирования  $\pm 60^\circ$ .

Известно, что повышение напряжения в средней части полуволновой линии является главным ограничивающим фактором максимальной передаваемой мощности. Напряжение в средней части полуволновой линии пропорционально передаваемой мощности и в режиме передачи натуральной мощности почти не отличается от напряжений в конечных пунктах линии. Поскольку значение на-

туральной мощности линии при напряжении 500 кВ равно 1000 МВт, то при передаче мощности 1500 МВт напряжение в средней части линии увеличится примерно в полтора раза, что со значительным запасом допустимо для ВЛ класса 1150 кВ. На рис. 3,а приведено распределение напряжения вдоль полуволновой линии 500 кВ.

**Полуволновая электропередача 1150 кВ Итат—Челябинск (второй этап 3000 МВт).** Передачи 3000 МВт невозможно осуществить с помощью ПЭП 500 кВ, поскольку напряжение в средней части будет превосходить допустимый уровень 1200 кВ, поэтому естественным решением является переход к ПЭП 1150 кВ, схема которой изображена на рис. 4,а.

В данной схеме включены по два АТ 1150/500 кВ мощностью 2000 МВА на обоих концах электропередачи. Два настраивающих реактора достаточно установить со стороны отправного конца и включить каждый последовательно с АТ. Установленная мощность ФУ позволяет осуществлять реверсивные режимы в диапазоне (–2000, 3000) МВт. Особенностью данной схемы является значительная потребность в мощности конденсаторных батарей, составляющая на каждом конце электропередачи 1200 Мвар. Это обстоятельство объясняется следующим образом. Если обычная линия в режиме холостого хода генерирует реактивную мощность, то линия длиной 2350 км наоборот потребляет её. Поскольку возможности привлечения реактивной мощности со стороны челябинского узла практически отсутствуют, а со стороны итатского узла ограничены значением не более 1000 Мвар, то возникает потребность в установке соответствующих источников реактивной мощности по концам электропередачи. На рис. 4,б показано распределение напряжения вдоль этой полуволновой линии. Провал напряжений в средней части линии говорит о значительном запасе по пропускной способности

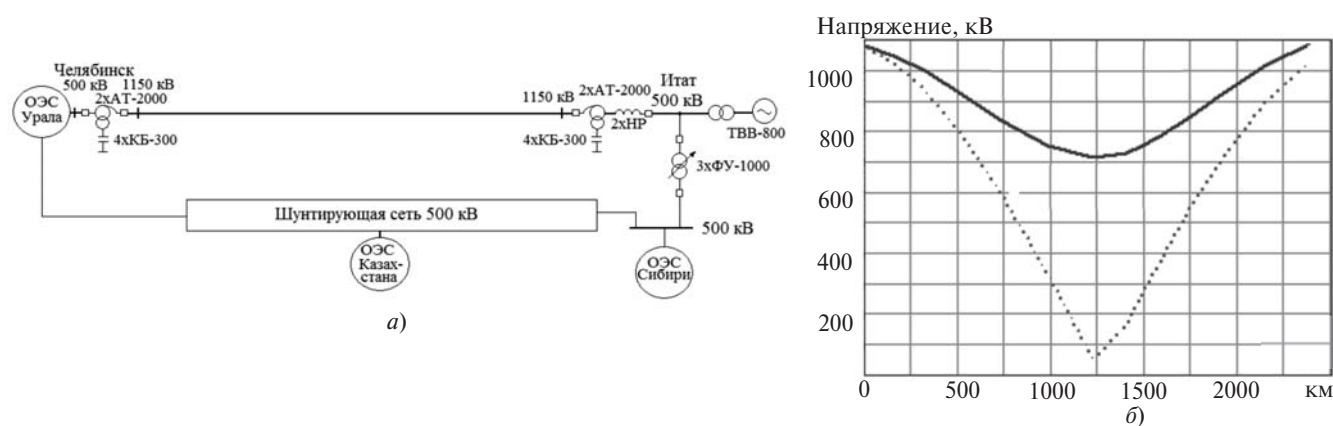


Рис. 4. Схема ПЭП 1150 кВ Итат—Челябинск (а) и распределение напряжения вдоль этой линии (б): — — режим передачи 3000 МВт; ---- — режим холостого хода



данного варианта. Установив на каждом конце ещё по одному АТ 1150/500 кВ, пропускную способность ПЭП 1150 кВ Итат–Челябинск можно было бы довести до 5000 МВт. Однако передача такой мощности по одноцепной линии электропередачи проблематична по условиям надёжности, поэтому если исходить из максимальной передаваемой мощности 3000 МВт, то более экономичным и простым в реализации является вариант на напряжении 750 кВ.

**Полуволновая электропередача 750 кВ Итат–Челябинск (второй этап 3000 МВт).** Схема ПЭП 750 кВ, показанная на рис. 5,а, является дальнейшим развитием схемы ПЭП 500 кВ и имеет в своем составе по три АТ 750/500 кВ мощностью 1250 МВА на обоих концах электропередачи. На каждом конце добавляется по одному настраиваемому реактору по сравнению с ПЭП 500 кВ и изменяется схема подключения настраиваемых реакторов: каждый включается последовательно с АТ. Установленная мощность ФУ доводится до уровня 3000 МВА, что позволяет осуществлять реверсивные режимы работы в широком диапазоне. Поскольку при 750 кВ потребление реактивной мощности в режиме холостого хода линией длиной 2350 км существенно снижается, то соответственно необходимая мощность конденсаторных батарей на каждом конце электропередачи по сравнению с ПЭП 1150 кВ уменьшается до 300 Мвар. На рис. 5,б приведено распределение напряжения вдоль этой линии, из которого следует, что существует ещё запас по пропускной способности, так как напряжение в средней части линии не достигает допустимого уровня 1200 кВ.

Предел по допустимому напряжению в средней части линии достигается при мощности 3350 МВт.

**Технико-экономическое сравнение вариантов.** При сопоставлении технико-экономических показателей ограничимся оценкой капитальных затрат и коэффициента

полезного действия (КПД) при передаче расчётной мощности. Капиталовложения рассчитывались в базовых ценах 2000 г. по данным [4] с последующим пересчетом в цены 2010 г. с индексом пересчета цен – 5,4. Из-за отсутствия стоимостных данных по УШР напряжением 1150 кВ, которые ещё не разработаны, их стоимость оценивалась по стоимости ШР напряжением 1150 кВ (162,5 млн руб.) с учётом удорожающего коэффициента, значение которого определялось с использованием данных по удорожанию УШР напряжением 500 и 750 кВ по сравнению с ШР этих же классов напряжения. В результате стоимость УШР 1150 кВ мощностью 900 Мвар принималась 210 млн руб. в ценах 2000 г. Стоимость настраиваемого реактора на напряжение 500 кВ и ток 2,3 кА по данным уже упомянутого технико-экономического обоснования ПЭП 1150 кВ Сибирь–Европейская часть России составляет 90 млн руб. в ценах 2000 г. Стоимость фазорегулирующего устройства напряжением 500 кВ и мощностью 1000 МВА, приведённая к ценам 2000 г., по данным этого же технико-экономического обоснования оценивается в 200 млн руб.

В составе капитальных затрат для реализации рассмотренных вариантов выделена стоимость подстанций, компенсирующих или настраиваемых устройств при сооружении их в европейской части страны:

$$K_{ПК} = a_{ЗН} (K_{П.З.ЕВ} + K_{Об.ЕВ});$$

$$K_{К.У(Н.У)} = a_{ЗН} K_{К.У(Н.У)ЕВ},$$

где  $K_{П.З.ЕВ}$  – постоянные затраты при сооружении подстанций (ПС);  $K_{Об.ЕВ}$  – стоимость основного оборудования ПС, включая строительные-монтажные работы и прочие затраты: ПС в европейской части страны;  $a_{ЗН}$  – зональный повышающий коэффициент, учитывающий район сооружения ПС;  $K_{К.У(Н.У)ЕВ}$  – стоимость компенсирующих или настраиваемых устройств.

Повышающие зональные коэффициенты для условий Урала и Казахстана принимались 1,1, а для Сибири – 1,3.

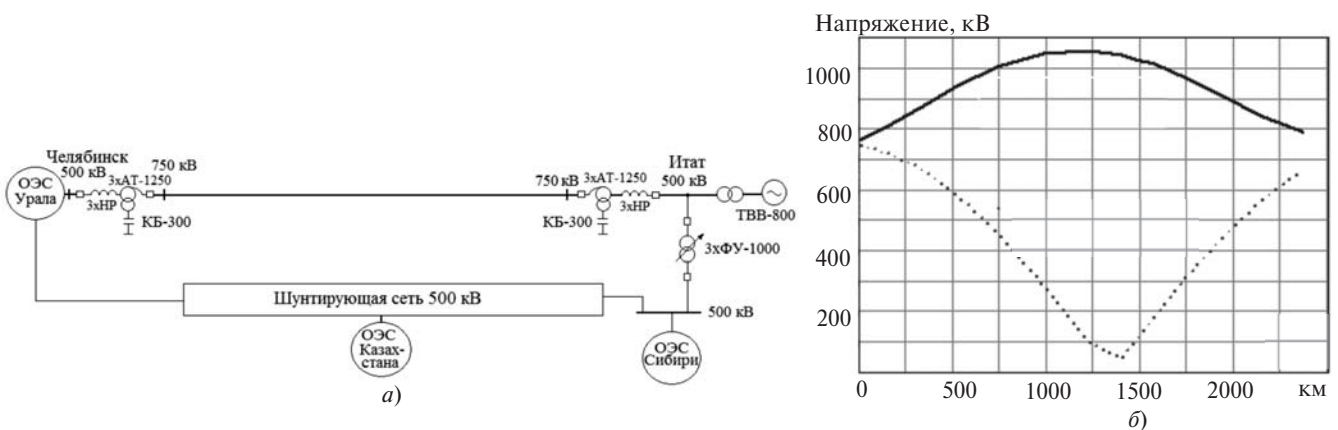


Рис. 5. Схема ПЭП 750 кВ Итат–Челябинск (а) и распределение напряжения вдоль этой линии (б): — — режим передачи 3000 МВт; ---- — режим холостого хода

Вид электропередачи	Стоимость сооружения, млрд руб. (в ценах 2010 г.)				КПД, %
	подстанции	компенсирующие устройства	настраивающие устройства	всего	
Первый этап: при передаче 1500 МВт					
КЭП 1150 кВ	13,8	39,9	—	53,7	90,6
ПЭП 500 кВ	3,7	—	3,0	6,7	90,9
Второй этап: при передаче 3000 МВт (с учетом затрат первого этапа)					
КЭП 1150 кВ	22,3	39,9	—	62,2	91,5
ПЭП 1150 кВ	31,0	—	6,3	37,3	88,9
ПЭП 750 кВ	20,6	—	3,9	24,5	91,0

В таблице дано сравнение технико-экономических показателей КЭП и ПЭП на первом и втором этапах освоения. Капитальные затраты в ПЭП 500 кВ в 8 раз меньше, чем в КЭП 1150 кВ, а по абсолютному значению — на 47 млрд руб. Несмотря на более низкий класс напряжения и соответственно более высокие потери мощности в линии на нагрев, КПД ПЭП 500 кВ оказывается даже несколько выше, чем КЭП 1150 кВ. Это объясняется заметными потерями на корону в линии 1150 кВ и потерями на нагрев в компенсирующих устройствах. В ПЭП 500 кВ потери на корону в линии практически отсутствуют, а потери на нагрев в настраивающих устройствах незначительны по сравнению с потерями в компенсирующих устройствах.

Наиболее экономичной является ПЭП 750 кВ, капитальные затраты в которую в 2,5 раза меньше, чем в КЭП 1150 кВ, а в абсолютных значениях — на 37,7 млрд руб. При этом КПД этих вариантов практически сопоставимы.

Что касается ПЭП 1150 кВ, то она заметно уступает по своим технико-экономическим показателям ПЭП 750 кВ. Реализация потенциального преимущества ПЭП 1150 кВ, состоящего в том, что её пропускная способность может быть доведена до 5000 МВт, проблематична по условиям надёжности работы ЕЭС России при передаче такой мощности по одноцепной электропередаче. Поэтому как по условиям экономичности, так и надёжности при увеличении пропускной способности ВЛ Итат–Челябинск до 3000 МВт предпочтение следует отдать ПЭП 750 кВ.

**Первоочередные задачи.** Для реализации предложения по созданию ПЭП 750 кВ Итат–Челябинск с пропускной способностью 3000 МВт требуется:

проведение переговоров с казахстанской стороной о предоставлении в аренду или на других условиях ВЛ Экибастуз–Кокчетав–Кустанай в габаритах 1150 кВ для организации полуволновых режимов между ОЭС Сибири и ОЭС Урала;

разработка предложений, компенсирующих ослабление схемы электроснабжения узлов сети

энергосистемы Казахстана при использовании ВЛ 1150 кВ Экибастуз–Кокчетав–Кустанай в составе ПЭП Итат–Челябинск;

выяснение последствий и при необходимости разработка мероприятий, компенсирующих ослабление сети в ОЭС Сибири при использовании ВЛ Итат–Алтай в составе ПЭП Итат–Челябинск.

Принципиальные вопросы, касающиеся функционирования ПЭП в составе сложного энергообъединения в нормальных и аварийных режимах, в настоящее время решены. В частности показано, что объединение энергосистем полуволновой электропередачей не приводит к сколько-нибудь существенному росту токов короткого замыкания. Это объясняется тем, что ток в конце полуволновой линии пропорционален напряжению в её средней части, которое ограничивается системой защиты от перенапряжений, что автоматически означает и ограничение тока подпитки со стороны ПЭП.

Выявлено также, что совместная работа полуволновых электропередач с шунтирующей сетью, когда используются фазорегулирующие устройства, приводит к заметному повышению общего уровня статической и динамической устойчивости энергообъединения. Это происходит благодаря малому взаимному сопротивлению ПЭП, в результате чего концы шунтирующей сети цепочечной структуры оказываются жёстко связанными и, соответственно, географически протяжённая цепочка межсистемных связей преобразуется в электрическом смысле в кольцевую структуру. Степень повышения уровня устойчивости зависит от перегрузочной способности ПЭП, определяемой допустимыми повышениями напряжения в средней части линии. Для рассматриваемого случая перегрузочная способность в послеаварийных режимах составляет 20–25% максимальной мощности.

Однако требуется привязка принципиальных решений к конкретному объекту ПЭП 750 кВ Итат–Челябинск, для чего необходимо выполнение следующих предпроектных работ:

разработка технических предложений по системе управления нормальными режимами работы;

проработка вопросов по релейной защите и линейной автоматике;

определение требований к противоаварийной автоматике ОЭС Сибири и ОЭС Урала при ликвидации повреждений на ПЭП;

обоснование системы защиты от внутренних перенапряжений;

подготовка технических заданий на разработку настраиваемого реактора и фазорегулирующего устройства на напряжение 500 кВ;

организация диспетчерского управления и связи; организация ремонтно-эксплуатационного обслуживания ПЭП 750 кВ.

**Вывод.** Несомненным преимуществом полуволновой электропередачи 750 кВ по сравнению с компенсированной электропередачей 1150 кВ является то, что она более проста в реализации, поскольку не требует создания различного оборудования ультравысокого напряжения 1150 кВ, и для её осуществления необходимо лишь создать настраиваемые реакторы и фазорегулирующие устройства на 500 кВ. Если ввод в эксплуатацию КЭП 1150 кВ возможен после 2020 г., то ПЭП 750 кВ может быть введена в работу до 2020 г., что ускоряет реализацию преимуществ от усиления связи между ОЭС Сибири и ОЭС Урала.

Создание ПЭП 750 кВ Итат–Челябинск позволит сохранить мировое лидерство в области полуволновой технологии с возможностью реализации научно-технических разработок и оборудования в будущих отечественных и зарубежных проектах электропередач полуволнового типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушуев В.В., Самородов Г.И., Путилова А.Т. Сверхдальние электропередачи полуволнового типа. — Изв. РАН. Энергетика, 1995, № 6.

2. Зильберман С.М., Самородов Г.И. Сверхдальние электропередачи полуволнового типа. — Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2010, 327 с.

3. Вершков В.А., Нахапетян К.Т., Ольшевский О.В. и др. Комплексные испытания полуволновой электропередачи в сети 500 кВ ЕЭС европейской части СССР. — Электричество, 1968, № 8, с. 10–16.

4. Справочник по проектированию электроэнергетических сетей. 4-е изд., перераб. и доп./Под ред. Д.Л. Файбисовича. — М.: ЭНАС, 2012.

[30.06.13]

*Авторы: Бушуев Виталий Васильевич окончил в 1961 г. электроэнергетический факультет Куйбышевского индустриального института. В 1982 г. защитил докторскую диссертацию «Исследование устойчивости управляемости сложных энергообъединений на основе системного подхода». Генеральный директор Института энергетической стратегии.*

*Зильберман Самуил Моисеевич окончил в 1968 г. электроэнергетический факультет Красноярского политехнического института. В 2009 г. защитил докторскую диссертацию «Методические и практические вопросы полуволновой технологии передачи электроэнергии». Генеральный директор МЭС Сибири.*

*Красильникова Татьяна Германовна окончила в 1987 г. электроэнергетический факультет Новосибирского электротехнического института (НЭТИ). В 2006 г. защитила кандидатскую диссертацию «Исследование транспозиции дальних и сверхдальних линий электропередачи». Доцент Новосибирского государственного технического университета.*

*Самородов Герман Иванович окончил в 1963 г. электроэнергетический факультет НЭТИ. В 1990 г. защитил докторскую диссертацию «Оптимизация схем и параметров дальних и сверхдальних электропередач переменного тока». Научный руководитель отдела новых технологий филиала ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»–СибНИИЭ.*

\* \* \*

### К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ и ЧИТАТЕЛЕЙ!

Каждый автор имеет право бесплатно получить 1 экз. журнала с его статьей.

Экземпляры номеров журнала «Электричество» за последние годы можно приобрести в редакции журнала:

111250 Москва, Красноказарменная ул., 14

(МЭИ, каф. ТОЭ, первый этаж, ком. 3-111, тел./факс (495)362-7485).