

## ПРОБЛЕМЫ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОЛДОВЫ, УКРАИНЫ И РУМЫНИИ

Постолатий В. М., Быкова Е. В.

*Институт энергетики Академии наук Молдовы*

*Предложены варианты создания управляемых межсистемных связей, которые позволяют осуществлять совместную работу энергосистем Молдовы, Украины и Румынии.*

**Постановка проблемы.** В прошлые годы электроэнергетические системы Молдовы, Украины и Румынии работали синхронно в объединенной энергосистеме. В силу изменившейся ситуации в 90-годы произошло отключение энергосистемы Румынии и Болгарии от энергосистемы Молдовы и Украины, которые продолжают работать параллельно и синхронно в составе объединенной энергосистемы стран СНГ. Энергосистема Украины продолжает экспортировать электроэнергию от Бурштынской ГРЭС путем выделения части блоков данной электростанции для работы в островном режиме.

В энергосистеме Молдовы также предпринимались попытки осуществить экспорт электроэнергии от Молдавской ГРЭС по существующим ВЛ-110 кВ для питания «острова» нагрузок в Румынии. Существующая ВЛ-400 кВ Молдавская ГРЭС– Исакча на участке Вулканешты – Исакча отключена, а ВЛ 750кВ Южно – Украинская АЭС – Исакча – Варна на территории Молдовы демонтирована.

Работы по "большой синхронизации" энергосистем стран СНГ и ОЭС Европы практически прекращены, хотя и остаются актуальными.

В последнее время большое внимание уделяется решению проблемы совместной работы энергосистемы Молдовы с энергосистемой Румынии [1]. Предпочтительным является вариант совместной работы энергосистем Молдовы с энергосистемой Румынии при сохранении параллельной работы с энергосистемой Украины.

Частными решениями в этой области являются разрабатываемые технические предложения по созданию связей класса 330-400 кВ энергосистем Молдовы и Румынии с использованием вставок постоянного тока (ВПТ). В качестве таковых рассматриваются следующие места установки ВПТ:

- ВПТ 330/400 кВ на подстанции Бельцы 330 кВ с сооружением ВЛ-400 кВ Бельцы – Сучава;
- ВПТ на подстанции Яссы и строительство ВЛ-330 кВ Страшены – Яссы;
- ВПТ на подстанции 400 кВ Вулканешты с включением в работу участка ВЛ-400 кВ Вулканешты-Исакча.

В комплексе этих работ рассматривается также вариант строительства второй цепи ВЛ-330 кВ Бельцы – Днестровская ГЭС (Украина).

Основные проблемы заключаются в большой стоимости ВПТ, сложности эксплуатации и недостаточном реагировании их на переходные режимы для обеспечения динамической устойчивости энергосис-

тем при возникновении больших системных возмущений.

В настоящей работе предлагается альтернативный вариант решения проблемы, а именно: применение межсистемных управляемых электропередач переменного тока на базе компактного исполнения и в варианте двухцепных управляемых самокомпенсирующихся воздушных линий (УСВЛ) с применением фазорегулирующих трансформаторных устройств (ФРТУ). Такие электропередачи содержат в себе элементы "Smart Grid".

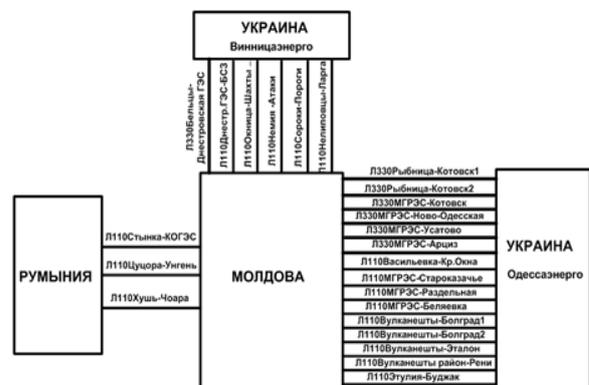
Анализ последних публикаций в этой области показывает, что УСВЛ и ФРТУ обладают целым рядом технических, режимных и экономических преимуществ по сравнению с традиционными средствами транспорта электроэнергии и управления режимами энергосистем.

**Цель статьи** - рассмотрение вариантов по созданию управляемых связей переменного тока между энергосистемами Молдовы и Румынии при сохранении параллельной работы с энергосистемой Украины и усилении с ней межсистемных связей, а также анализ системной эффективности применения управляемых связей переменного тока.

### Основные результаты исследований

В качестве исследуемой рассматривается объединенная энергосистема Молдовы, Украины и Румынии. Моделируются режимы с учетом перспективных уровней электропотребления и генерации на 2015 год.

Основные существующие связи энергосистем Молдовы, Украины и Румынии показаны на рис. 1.



**Связи по высоковольтным линиям электропередач между Молдовой, Украиной и Румынией**

Рисунок 1 – Связи по высоковольтным линиям электропередач между Молдовой, Украиной и Румынией

Энергосистема Молдовы работает параллельно с энергосистемой Украины по 7 ВЛ-330 кВ и 14 ВЛ-110 кВ. С энергосистемой Румынии связь осуществляется по одной ВЛ-400 кВ и трем ВЛ-110 кВ. Работа может осуществляться только в островном режиме.

В перспективе намечается строительство второй цепи 330 кВ Бельцы – Днестровская ГЭС, ВЛ-400кВ Бельцы – Сучава, ВЛ-330 кВ Бельцы – Страшены – Кишинев.

В качестве альтернативы предлагается вариант двухцепной УСВЛ 330 кВ Бельцы – Сучава вместо одноцепной ВЛ-400 кВ.

С использованием программы RASTRWin были выполнены расчеты исходного режима при условии параллельной работы рассматриваемых энергосистем с существующими связями и при введении в работу новых ВЛ.

В качестве средств регулирования режимов межсистемных связей предусматривается применение ФРТУ. Место их установки определено на подстанции 330 кВ Бельцы на ВЛ-400(330) кВ Бельцы – Сучава, на подстанции 400 кВ Вулканешты на ВЛ Вулканешты – Исакча и на подстанции 330 кВ Молдавская ГРЭС на ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС-Кишинев. Фрагмент одного из вариантов расчетных схем показан на рис.2.

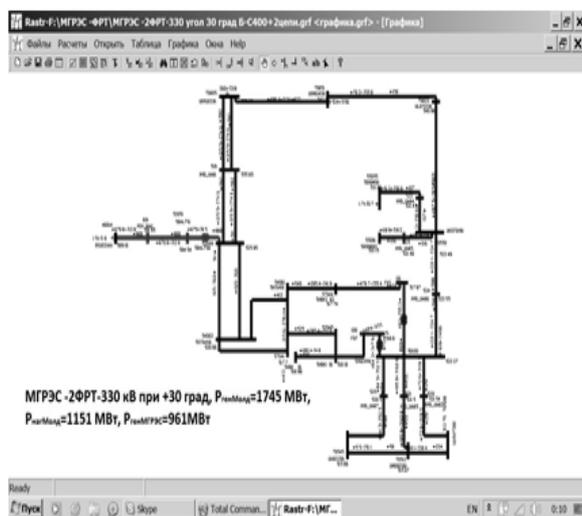


Рисунок 2 – Фрагмент одного из вариантов расчетных схем

В работе рассматривается два типа ФРТУ – с ограниченным диапазоном регулирования углового сдвига выходной системы векторов напряжений по отношению к входной и с круговым вращением векторов напряжений одной системы по отношению к другой.

Первый тип устройств предназначен для регулирования перетоков мощности внутри системы или перетоков мощности по межсистемным связям синхронно работающим энергосистем.

Второй тип устройств предназначен для соединения несинхронно работающих энергосистем и регу-

лирования перетоков мощности между ними по соединяющим ВЛ.

Первый тип устройств включался в схему на ВЛ - 330 кВ МГРЭС – Кишинев, а второй тип устройств – на ВЛ, связывающих энергосистемы Молдовы и Румынии.

Особенностью регулирования фазовых сдвигов систем векторов напряжений у ФРТУ второго типа является то, что функционально они обеспечивают, прежде всего, согласование частот соединяемых энергосистем, и обеспечение условий их параллельной работы.

Регулирование величины и знака перетока мощности между энергосистемами ФРТУ осуществляют, аналогично, первому типу ФРТУ, за счет введения дополнительного углового сдвига между выходной и входной системами векторов напряжений.

В вариантах электропередач с применением двухцепных и многоцепных УСВЛ, фазорегулирующие устройства могут выполнять роль устройств, изменяющих эквивалентные параметры самих ВЛ, у которых сближены цепи и между ними обеспечено увеличенное электромагнитное взаимное влияние, величина и знак которого зависят от конструкции ВЛ и углового сдвига между системами векторов напряжений цепей.

Описанию устройств ФРТУ и УСВЛ посвящены работы [2], результаты которых частично использованы в данной статье.

УСВЛ с применением ФРТУ относятся к категории управляемых электропередач переменного тока, обладающих свойствами "Smart Grid".

На основании выполненных исследований, расчетов и анализа, установлены зависимости перетоков мощности по внутрисистемным и межсистемным линиям электропередачи.

Часть из них иллюстрируется на рис.3-5.

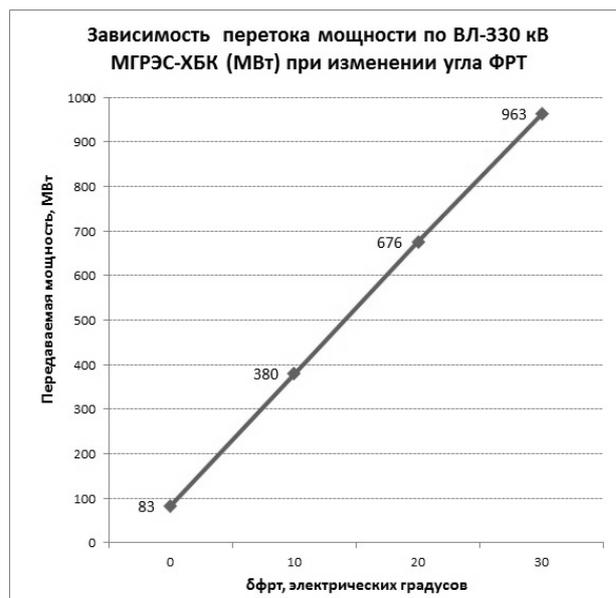


Рисунок 3 – Переток мощности по ВЛ-330 кВ МГРЭС – Кишинев при изменении угла ФРТУ

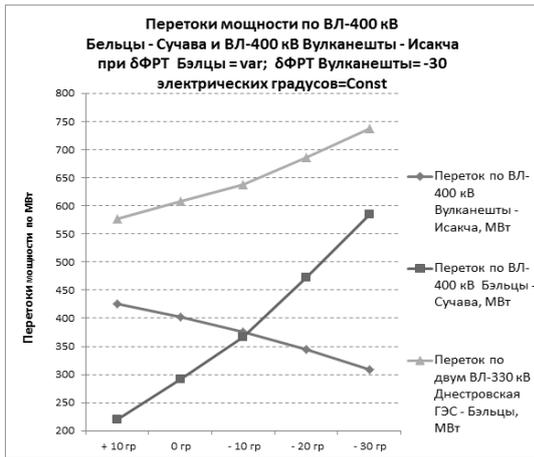


Рисунок 4 – Перетоки мощности по ВЛ-400 кВ Бэльцы – Сучава и ВЛ-400 кВ Вулканешты – Исакача при  $\delta$  ФРТ Бэльцы = var;  $\delta$  ФРТ Вулканешты = -30 электрических градусов = Const



Рисунок 5 – Перетоки мощности по ВЛ-400 кВ Вулканешты – Исакача и ВЛ-400 кВ Бэльцы – Сучава при  $\delta$  ФРТ Вулканешты = var и  $\delta$  ФРТ Бэльцы = 0 электрических градусов

Регулирование углового сдвига систем векторов напряжений с помощью ФРТУ, установленных на двухцепной ВЛ-330 кВ МГРЭС – ХБК – Кишинев в пределах 0-30° обеспечивает изменение величины потока мощности по этим двум цепям ВЛ -330 кВ в сторону подстанции 330 кВ Кишиневская от 83 МВт (при угле 0°) до 963 МВт (при угле 30°).

При изменении знака угла регулирования поток мощности изменит свое направление, соответственно. Фазорегулирующие устройства, установленные на межсистемных связях с энергосистемой Румынии, обеспечивают изменение в широких пределах величины перетоков мощности и их направления.

Выбор режима может осуществляться по техническим и коммерческим соображениям.

Учитывая, что объединенная энергосистема содержит ряд замкнутых контуров, регулирование перетоков мощности является взаимно зависимым

Регулирование величины перетока мощности по одной ВЛ сопровождается изменениями потока мощ-

ности и по другим ВЛ. Поэтому, для поддержания постоянства перетока мощности по одной ВЛ при изменении потока мощности в другой, требуется соответствующая корректировка углового сдвига на ФРТУ первой ВЛ.

Приведенные графики дают наглядную зависимость потоков мощности по ВЛ, обеспечиваемых с помощью ФРТУ и характеризуют системную эффективность применения управляемых электропередач переменного тока.

Для реализации на практике предложенных управляемых электропередач необходимы совместные усилия заинтересованных энергосистем, научных и проектных организаций.

**Выводы.** Из приведенных результатов исследований следует, что:

1.Ряд проблем обеспечения совместной работы энергосистем Молдовы, Украины и Румынии можно успешно решить путем создания управляемых электропередач переменного тока на базе применения высоковольтных линий повышенной пропускной способности и использования фазорегулирующих трансформаторных устройств.

2. С помощью управляемых электропередач и фазорегулирующих устройств можно обеспечить регулирование перетоков мощности по величине и знаку как внутри систем, так и по межсистемным связям, а также решить проблему соединения несинхронно работающих энергосистем.

#### Список использованных источников

1. Энергетическая стратегия Республики Молдова до 2030 года, 2013.
2. Постолатий В. М. Научная школа в области управляемых электропередач. Этапы исследований и библиография. / В. М. Постолатий. Монография – Кишинев, типография АНМ, 2012.- 196 с.

#### Анотація

### ПРОБЛЕМИ СУМІСНОЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ МОЛДОВИ, УКРАЇНИ ТА РУМУНІЇ

Постолатій В. М., Бикова Е. В.

*Запропоновані варіанти створення керованих між системних зв'язків, які дозволяють здійснити сумісну роботу енергосистем Молдови, України та Румунії.*

#### Abstract

### PROBLEMS OF JOINT WORK OF ELECTRIC POWER SYSTEMS OF MOLDOVA, UKRAINE AND ROMANIA

V. Postolati, E. Bykova

*The variants of controlled transmissions lines that allow the joint work of energy systems of Moldova, Ukraine, and Romani are proposed.*