УДК 620.311

ТРАНЗИТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СТРАН СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

Постолатий В.М., Быкова Е.В., Голуб И.В.

Институт энергетики АН Молдовы, Кишинев, Молдова

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе анализируются транзитные возможности Юго-Западной части Объединенной электроэнергетической системы Стран Содружества Независимых Государств (СНГ). В качестве Юго-Западной части Объединенной электроэнергетической системы стран СНГ рассматриваются электроэнергетические системы Молдовы и южной части Украины. В работе приведены результаты расчетов предельных величин возможных транзитных потоков мощности сквозь энергетическое сечение энергосистем Молдовы и Украины, работающих синхронно между собой и с энергосистемами стран СНГ. Через это сечение может осуществляться транзит мощности в энергосистемы Румынии, Болгарии и других стран данного региона. Показано, что при нынешнем рабочем состоянии межсистемных высоковольтных связей предельная величина передаваемой мощности по ВЛ-330 кВ и ВЛ-110 кВ, соединяющих энергосистемы Молдовы и Украины, может достигать величин порядка 1400-1500 МВт, а по ВЛ-400 кВ и ВЛ-110 кВ, соединяющих энергосистемы Молдовы и Румынии, они могут составлять 600-700 МВт. Дальнейшее увеличение транзитных возможностей указанного энергетического сечения может быть обеспечено путем строительства новых ВЛ, как внешних, так и внутренних, восстановления ВЛ 750 кВ Южно – Украинская АЭС – Исакча, а также реализации ряда технических мероприятий, обеспечивающих сохранение синхронной работы энергосистем Украины, Молдовы и стран СНГ и создающих возможности совместной работы с энергосистемами Румынии, Болгарии и других стран региона.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об оценке транзитных возможностей Юго-Западной части Объединенной электроэнергетической системы стран СНГ стал особенно актуальным в связи постановкой целей и направлений дальнейшего развития электроэнергетической системы Молдовы, сформулированных в утвержденной энергетической стратегии Республики Молдова до 2030 г. [1]. Электроэнергетическая система Молдовы в настоящее время является частью Объединенной электроэнергетической системы стран СНГ и работает с ней параллельно и синхронно. Непосредственно электроэнергетическая система Молдовы работает синхронно с энергосистемой Украины. Украинско–Молдавское электроэнергетическое сечение является основным в Юго-Западной части Объединенной Электроэнергетической системы Стран Содружества Независимых Государств (СНГ).

Одним из центральных сформулированных направлений [1] является осуществление мероприятий по обеспечению транзитной роли Молдавской энергосистемы и создание условий эффективного общего рынка электроэнергии в регионе. Для этого должны быть решены в комплексе вопросы технические, режимные, экономические и юридические.

Решения технических и режимных вопросов могут быть основаны на анализе состояния существующих электрических сетей, внутрисистемных и межсистемных связей, а также средств регулирования и автоматики.

Для формирования дальнейших работ по развитию внешних и внутренних высоковольтных связей принципиальным является вопрос о том, насколько современная высоковольтная сеть энергосистемы Молдовы и ее внешние высоковольтные связи способны

обеспечить необходимый транзит мощности, с учетом и внутреннего потребления в энергосистеме Молдовы и потребностей рынка стран Балканского региона и других стран Европы.

Данная работа имеет своей целью ответить на один из вопросов указанной задачи, а именно оценить величину предельной мощности, которую можно передавать по существующему сечению энергосистем Молдовы и Украины при их синхронной работе.

В настоящей работе также рассмотрены варианты при дополнительном развитии ВЛ-330 кВ внутри энергосистемы Молдовы.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ МОЛДОВЫ И УКРАИНЫ

При моделировании режимов высоковольтных сетей за основу была взята база данных, содержащая информацию по энергосистемам Молдовы и Украины для режима зимнего максимума нагрузки 2008-2012 г.г.

При расчетах режимов энергосистемы Молдовы учтены существующие высоковольтные сети 110-330 кВ Молдавской энергосистемы и смежные с ними сети 110-330 кВ Юго-западных районов ОЭС Украины (Винница), Юго-Западных районов Южной энергосистемы ОЭС Украины (Одесса) и генерирующие источники энергосистем. Это позволило оценить характеристики энергосистемы, определить уровни потерь, величины перетоков мощности, оценить транзитные возможности межсистемных и внутрисистемных высоковольтных связей.

Вычисление предельного по статической устойчивости перетока мощности в сечении энергосистем Молдовы и Украины осуществлялось утяжелением режима (увеличением перетока мощности) путем увеличения нагрузки энергосистемы Молдовы при сохранении незменной величины генерации в энергосистеме. Одним из основных признаков нарушения устойчивости при утяжелении режима является снижение напряжения в контролируемых узлах схемы ниже допустимого.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МОЛДОВЫ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СХЕМЕ СЕТЕЙ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ НАГРУЗКИ ДО ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДЕЛЬНОЙ

В расчетах были приняты следующие варианты схем энергосистемы, величины нагрузок и генерации:

- исходная схема, (все сетевые элементы, находятся в работе), состояние нагрузок и генерации на период 2012 г.;
- схема с увеличенной в 1,2 раза нагрузкой в Молдавской энергосистеме;
- схема, с увеличенной в 1,4 раза нагрузкой в Молдавской энергосистеме;
- схема, с увеличенной в 1,5 раза нагрузкой в Молдавской энергосистеме;
- схема, с увеличенной в 1,6 раза нагрузкой в Молдавской энергосистеме.

В качестве первого варианта моделирование выполнено при существующей структуре электрических сетей и генерирующих источников (рис. 1).

Существующее исходное состояние схемы энергосистемы Молдовы характеризуется наличием следующих внутри системных и межсистемных ВЛ-330, 400 кВ:

ВЛ-330 кВ Бэлць – Днестровская ГЭС (Украина);

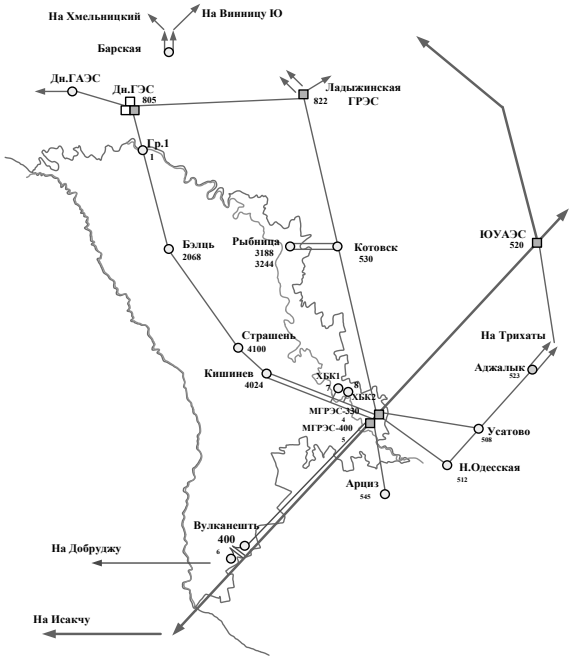

Рис.1 Схема сетей 330 кВ Молдавской энергосистемы и южной части энергосистемы Украины.

ВЛ-330 кВ Рыбница 1 – Котовск (Украина);
ВЛ-330 кВ Рыбница 2 – Котовск (Украина);
ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС – Н. Одесская (Украина);
ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС – Усатово (Украина);
ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС – Арциз (Украина);
ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС – ХБК – Кишинэу 1;
ВЛ-330 кВ Молдавская ГРЭС - ХБК – Кишинэу 2;
ВЛ-330 кВ Кишинэу – Стрэшень;
ВЛ-330 кВ Стрэшень – Бэлць;
ВЛ-330 кВ Бэлць – Граница - Днестровская ГЭС (Украина);
ВЛ-400 кВ Молдавская ГРЭС – Вулкэнешть – Исакча (Румыния).

Кроме того, между энергосистемой Молдовы и Украины существует 14 ВЛ напряжением 110 кВ, а между энергосистемой Молдовы и Румынии – 3 ВЛ-110 кВ.

В настоящее время энергосистема Молдовы работает синхронно с энергосистемой Украины по сетям 330, 110 кВ. Связь с энергосистемой Румынии в настоящее время может осуществляться по ВЛ-110 кВ и только в островном режиме.

По территории Молдовы частично проходит ВЛ-750 кВ Южно-Украинская АЭС – Исакча (Румыния) – Варна (Болгария). Данная ВЛ в настоящее время находится в нерабочем состоянии.

Выполненные расчеты показали, что в исходном состоянии схемы при величине мощности находящихся в работе генерирующих источников Молдавской энергосистемы, равной Рген=847 МВт, и суммарной нагрузке Рнаг=1218 МВт суммарный переток мощности из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы составил 402 МВт. При сохранении в Молдавской энергосистеме в качестве расчетной величины значения суммарной генерации на неизменном уровне, равном Рген=847 МВт, и постепенном увеличении суммарной нагрузки до предельной величины, равной 1800 МВт, превышающей исходное значение в 1,6 раза, суммарный переток мощности из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы достигает величины 917 МВт.

Данная величина перетока мощности может служить в качестве базовой для оценки транзитных возможностей существующего сечения электроэнергетических систем Украины и Молдовы.

Увеличение перетока мощности из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы сопровождается соответствующим увеличением генерации в энергосистеме Украины. При неизменной собственной нагрузке энергосистемы Украины, принятой в расчетных вариантах равной 24503 МВт, величина суммарной генерации возросла с Рген=25054 МВт до Рген=25769 МВт.

Суммарные потери мощности в энергосистемах при существующей схеме составили:

В Молдавской энергосистеме:

- в исходном режиме - 18,1 МВт;
- в предельном загрузочном режиме - 46,7 МВт;

В энергосистеме Украины:

- в исходном режиме – 160,9 МВт;
- в предельном нагрузочном режиме Молдавской энергосистемы – 261,2 МВт.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ МОЛДОВЫ ПРИ ВВЕДЕНИИ ВТОРОЙ ЦЕПИ 330 КВ КИШИНЭУ - СТРЭШЕНЬ - БЭЛЦЬ – ДНЕСТРОВСКАЯ ГЭС И ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ НАГРУЗКИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ДО ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДЕЛЬНОЙ

Во втором варианте структуры энергосистемы Молдовы предусматривается введение в работу второй цепи межсистемной линии электропередач Бэлць - Днестровская ГЭС-330 кВ и внутрисистемных ВЛ: Бэлць-330 кВ – Стрэшень-330 кВ, Стрэшень-330 кВ – Кишинэу-330 кВ (рис. 2).

Для данного варианта определены характеристики энергосистемы, уровни потерь, величины перетоков мощности, а также выявлены предельные установившиеся режимы энергосистемы при новых условиях. Расчеты, как и в предыдущем случае, проведены для пяти режимов при различных нагрузках Рнаг в энергосистеме Молдовы.

Результаты расчетов для второго варианта и их анализ показали следующее.

В исходном режиме нагрузка энергосистемы Молдовы составляла Рнаг=1218 МВт, генерация Рген=847 МВт. Потери мощности равны ΔР=17,86 МВт. Суммарная нагрузка в энергосистеме Украины составляла 24503 МВт, а генерация Рген=25054 МВт, при этом потери мощности были равны ΔР=160,3 МВт.

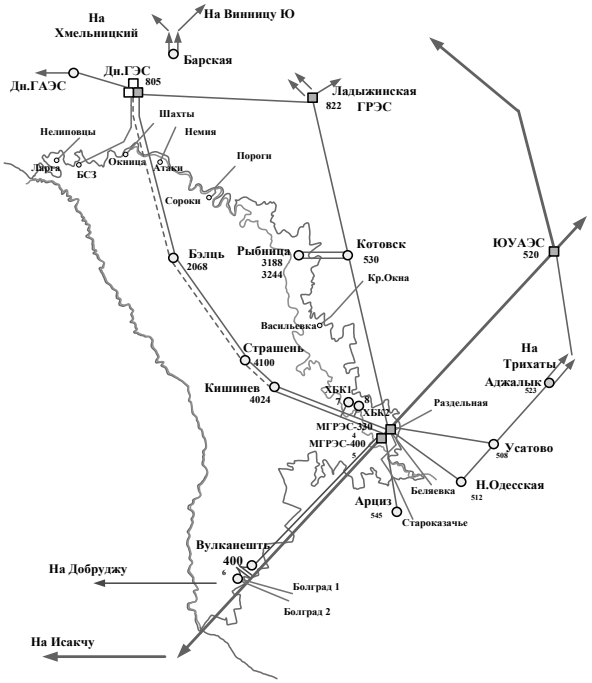

Рис.2 Схема Молдавской энергосистемы при введении новых линий Днестровская ГЭС – Бэлць – Стрэшень – Кишинэу-330 кВ.

При утяжелении режима Молдавской энергосистемы оказалось, что достижение предела перетока мощности из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы произошло при Рнаг=1910 МВт (в 1,7 раза большей, чем в исходном режиме). При этом суммарные потери в энергосистеме Молдовы составили 51,6 МВт.

Параметры энергосистемы Украины оказались следующими:

Рнаг=24503 Мвт, Рген=25898 МВт, ΔР=281,07 МВт.

Ввод второй цепи 330 кВ Бэлць – Граница – Днестровская ГЭС (Украина) и второй цепи ВЛ-330 кВ Кишинэу – Стрэшень – Бэлць обеспечил возможность увеличения предельной нагрузки Молдавской энергосистемы на 106 МВт, по сравнению с существующей схемой при наличии только одной цепи ВЛ-330 кВ Кишинэу – Стрэшень – Бэлць – Граница – Днестровская ГЭС (Украина). При этом суммарный переток мощности в сечении из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы соответственно увеличился и достиг величины 1032 МВт.

Исходя из методических указаний [2] определены предельно допустимые нагрузки в энергосистеме при заданной структуре и уровнях генерации, при условии сохранения в синхронной работе источников и межсистемных связей, используя следующие коэффициенты:

- коэффициент запаса статической устойчивости по активной мощности (Кр);
- *коэффициент запаса по напряжению (Ku).*

Значения указанных коэффициентов запаса должны быть не менее нормируемых величин:

В нормируемом режиме:

Кр=0,2; Ku=0,15;

В утяжеленном режиме:

Кр=0,2; Ku=0,15;

В вынужденном режиме:

Кр=0,08; Ku=0,1.

С учетом указанных требований были проведены расчеты коэффициента запаса статической устойчивости по активной мощностии и коэффициента запаса по напряжению для рассматриваемых режимов. Результаты расчетов для варианта существующей схемы и структуры энергосистемы Молдовы показали, что нагрузка энергосистемы Молдовы при существующей схеме электрических сетей 330 кВ по пределу статической устойчивости не должна превышать следующих значений по отношению к исходной величине Рнаг=1218 МВт:

- по активной мощности (при Кр=0,2), Рнаг=1607 МВт;
- по напряжению (при Ku=0,15), Рнаг=1510 МВт.

В случае, если будет введена 2-ая цепь ВЛ-330 кВ Бэлць – Граница – ДнГЭС запас по статической устойчивости увеличится и составит:

- по активной мощности Рнаг=1680 МВт;
- по напряжению Рнаг=1546 МВт.

Указанные предельные величины возможных перетоков мощности из энергосистемы Украины в энергосистему Молдовы могут быть приняты в качестве исходных для определения транзитных возможностей энергетического сечения энергосистем Украина – Молдова.

В полной мере эти возможности транзита мощности в энергосистемы Румынии, Болгарии и других стран могут быть реализованы в том случае, если Молдавская энергосистема будет балансироваться по мощности за счет собственных генерирующих источников.

Для рассмотренных расчетных условий при величине собственной генерации Рген=847 МВт и нагрузке Рнаг=1218 МВт дефицит мощности в энергосистеме Молдовы составляет 371 МВт. Следовательно, реально при приня-

тых условиях через энергосистему Молдовы может быть осуществлен транзит мощности на уровне 1140-1170 МВт. Разумеется, что при этом в сечении электроэнергетических систем Молдовы и Румынии будут задействованы соответствующие межсистемные связи.

Указанные величины возможных транзитных потоков мощности при других исходных расчетных данных будут иметь другие значения.

Кардинально вопрос о реализации транзитных возможностях Юго-Западной части Объединенной энергосистемы стран СНГ может быть решен при восстановлении ВЛ-750 кВ Южно-Украинская АЭС – Исакча (Румыния) – Варна (Болгария), введении в работу ВЛ-400 кВ Молдавская ГРЭС – Исакча (Румыния), строительстве новых ВЛ-330 (400) кВ Бэлць – Сучава, Стрэшень – Яссы, ВЛ-330 кВ Кишинев – Стрэшень – Бэлць – Днестровская ГЭС, ВЛ-330 кВ Рыбница – Бэлць, Рыбница – Стрэшень, ВЛ-330 кВ Кишинэу – Вулкэнешть, ВЛ – 330 кВ Южно-Украинская АЭС – Котовск (Украинский). Обязательным условием является осуществление всех технических мероприятий, обеспечивающих совместную работу энергосистем Молдовы и Румынии и сохранение синхронной параллельной работы энергосистем Молдовы, Украины в составе Объединенной энергосистемы стран СНГ.

ВЫВОДЫ

1. Юго-Западная часть Объединенной электроэнергетической системы СНГ, включающая энергосистему Молдовы и часть энергосистемы Украины, может играть важную транзитную роль в становлении и развитии общего рынка электроэнергии в регионе.

2. Нынешние технические возможности позволяют осуществлять через энергетическое сечение энергосистем Молдовы и Украины транзит мощности на уровне 1100 (1400) -1200 (1500) МВт.

3. При условии полного самобаланса генерации и потребления мощности в энергосистеме Молдовы, усилении внутренних высоковольтных связей, развитии соответствующих внешних межсистемных связей с энергосистемой Румынии и сохранении синхронной работы с энергосистемой Украины могут быть полностью использованы имеющиеся транзитные возможности Юго-Западной части Объединенной энергосистемы стран СНГ.

4. Перспективы значительно более полного развития транзитных возможностей Юго-Западной части ОЭС СНГ могут быть обеспечены при сохранении синхронной работы энергосистем Молдовы и Украины в составе ОЭС СНГ с восстановлением ВЛ-750 кВ Южно-Украинская АЭС – Исакча – Варна, вводе в работу ВЛ-400 кВ Молдавской ГРЭС – Вулкэнешть - Исакча, строительства новых ВЛ-400 (330) кВ Бэлць – Сучава, Стрэшень – Яссы, а также дополнительных ВЛ-330 кВ Кишинэу – Стрэшень – Бэлць – Днестровская ГЭС, ВЛ – 330 кВ Кишинев – Вулкэнешть, ВЛ-330 кВ Южно-Украинская АЭС – Котовск, ВЛ-330 кВ Рыбница – Бэлць, Рыбница – Стрэшень. При этом суммарные величины возможных транзитов мощности через Молдавско – Украинское электроэнергетическое сечение могут быть оценены на уровне 3000-3500 МВт. Для управления перетоками мощности требуется установка соответствующих устройств регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая Стратегия Республики Молдова до 2030 г. Постановление Правительства Молдовы №102 от 05.02.2013 г.

Energy Strategy of the Republic of Moldova until 2030 Resolution of the Government of Moldova № 102 dated 05.02.2013, the

2. Методические указания по устойчивости энергосистем. Москва, Из-во «НЦЭНДС», 2004 г., 9 с. 2.

Guidelines for the stability of power systems. Moscow, Publishing House of «NTSENDS», 2004, 9 p.