



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ МЕЖСИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ МОЛДОВЫ, РУМЫНИИ И УКРАИНЫ НА БАЗЕ ДВУХЦЕПНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Постолатий В.М., Голуб И.В., Быкова Е.В., Бошняга В.А.
Институт Энергетики Академии Наук Молдовы

Реферат – Рассмотрены варианты развития межсистемных связей на базе управляемых двухцепных линий электропередач. Исследованы режимы существующей схемы, а также при введении новых ВЛ330кВ. Варианты строительства новых двухцепных УСВЛ330кВ предусмотрены между энергосистемами Украины, Молдовы и Румынии.

Ключевые слова: управляемые самокомпенсирующиеся высоковольтные линии, межсистемные связи.

ALTERNATIVE VARIANTS OF DEVELOPMENT OF SYSTEMS INTERCONNECTION BETWEEN MOLDOVA, ROMANIA AND UKRAINE ON THE BASIS OF CONTROLLED DOUBLE-CIRCUIT TRANSMISSION LINES

Postolaty V., Golub I., Bicova E., Boshneaga V.
Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of the Republic of Moldova

Abstract – Consider options for the development of interconnections on a managed double-circuit transmission lines. Investigated for existing schemes, as well as the introduction of new VL330kV. Options for the construction of new double-circuit USVL330kV provided between the power of Ukraine, Moldova and Romania.

Keywords: guided self-compensating power lines, interconnections

VARIANTE ALTERNATIVE DE DEZVOLTARE A INTERCONEXIUNILOR MOLDOVEI CU UCRAINA ȘI ROMÂNIA ÎN BAZA LINIILOR ELECTRICE DE TRANSPORT DIRIJATE CU DUBLU CIRCUIT

Postolati V., Golub I., Bîcova E., Boșneaga V.
Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei

Rezumat – Luați în considerare opțiunile pentru dezvoltarea interconexiunilor pe câteva linii de transport gestionate de dublu-circuit. Investigat pentru sistemele existente, precum și introducerea de noi VL330kV. Opțiuni pentru construirea de noi dublu circuit cu condiția USVL330kV între puterea din Ucraina, Moldova și România.

Cuvinte cheie – ghidate de auto-compensatoare linii electrice, interconexiunilor

1 ВВЕДЕНИЕ

В работе приведены результаты исследований режимов энергосистемы Молдовы при различных изменениях в магистральных сетях с целью выработки предложений по дальнейшему развитию энергосистемы с учетом собственных интересов, и интересов соседних стран – Украины и Румынии. Рассмотрены следующие варианты состояния энергосистемы Молдовы и межсистемных высоковольтных связей с энергосистемами Украины и Румынии при их синхронной параллельной работе:

- введение в работу новой ВЛ Бэлць (Молдова) – Сучава (Румыния), которая может быть выполнена в двух вариантах:
 - в виде одноцепной ВЛ-400 кВ традиционной конструкции;
 - в виде двухцепной управляемой самокомпенсирующейся ВЛ-330кВ;
- введение в работу новой линии с п/ст Бэлць 330кВ–п/ст 330кВ Рыбница, выполненной в виде двухцепной управляемой самокомпенсирующейся ВЛ-330 кВ;
- введение в работу новой линии с п/ст Котовск330кВ–п/ст 330кВ Южноукраинская (Украина), выполненной в виде двухцепной управляемой самокомпенсирующейся ВЛ-330кВ

- сохранение в работе ВЛ-330кВ Бельцы (Молдова) – Днестровская ГЭС (Украина);
- сохранение всех ВЛ-330кВ, связывающих энергосистему Республики Молдова с узлом 330/400кВ Молдавской ГРЭС и энергосистемой Юга Украины.

В расчетной схеме учтены сети и источники энергосистем Молдовы, Украины, Румынии, их связи, обеспечивающие параллельную синхронную работу с энергосистемами Европы, России и Белоруссии. Все расчеты были проведены на базе расчетной схемы 2015 года

1 ИСХОДНЫЙ РЕЖИМ

На рис. 1. Изображена исходная схема сети. В работе находятся все ВЛ-330кВ Молдавской энергосистемы, а также существующие связи ВЛ-330кВ с энергосистемой Украины. ВЛ-400кВ МГРЭС–Вулканешты также в работе.

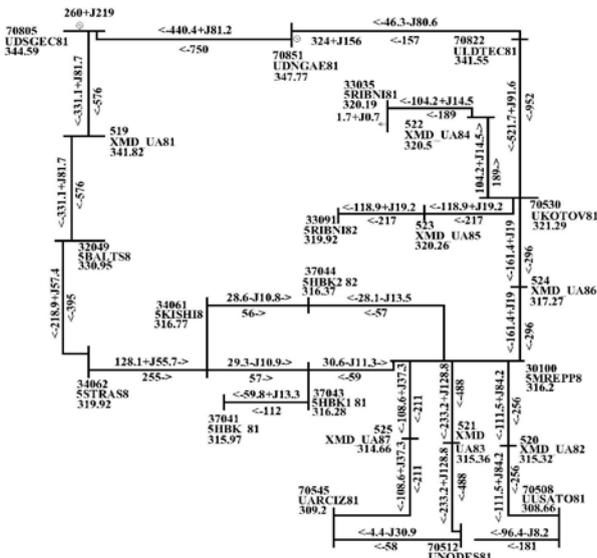


Рис.1. Расчетная схема молдавской энергосистемы, исходный режим

Перетоки мощности по ветвям указаны в таблице 5 и на рис. 1. Анализ результатов расчета показал, что режим характеризуется нормальными параметрами

2. РЕЖИМ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ОДНОЦЕПНОЙ ВЛ-400кВ БЭЛЦЬ-СУЧАВА

Данный режим получен при введении в исходную схему новой одноцепной линии Бэлць-Сучава 400кВ, рис. 2.

Присоединение линии ВЛ-400кВ к п/ст Бэлць-330кВ осуществлено с помощью автотрансформатора 330/400кВ. Параметры ВЛ-400кВ Бэлць–Сучава и автотрансформатора 330/400кВ п/ст Бэлць приведены в таблице 1.

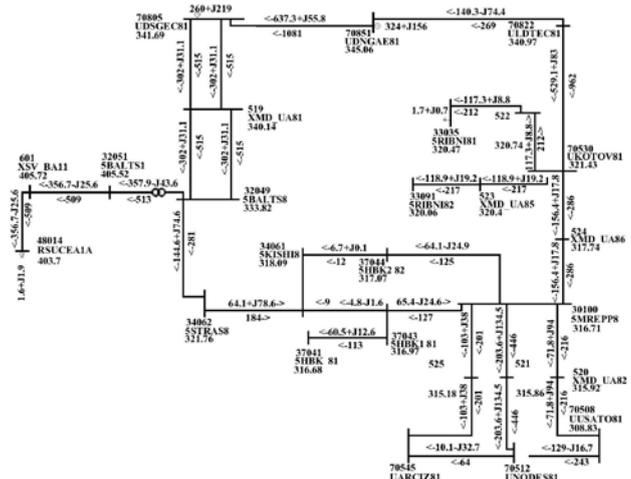


Рис.2. Расчетная схема энергосистемы при введении в работу одноцепной ВЛ 400кВ Сучава–Бэлць

Таблица 1 Параметры ВЛ-400кВ

Наименование	ВЛ 400 кВ Бэлць-Сучава	АТ-330/400кВ
Длина, км	128	
R_0 , Ом/км	0,032	
X_0 , Ом/км	0,308	
V_0 , мкСм/км	-3,22	
R , Ом	4,096	0,1
X , Ом	39,42	10
V , мкСм	-412,16	
K_T , отн. ед.	0,825	

Для усиления высоковольтных связей узла п/ст Бэлць-330кВ с энергосистемами Украины и Румынии дополнительно к существующей ВЛ-330кВ была введена вторая цепь 330кВ п/ст Бэлць-330кВ – Гр 330–п/ст Днестровская ГЭС-330кВ. Результаты расчета режима приведены в таблице 5.

3. РЕЖИМ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ДВУХЦЕПНЫХ УСВЛ-330кВ СУЧАВА-БЭЛЦЬ-РЫБНИЦА, КОТОВСК-ЮЖНОУКРАИНСКАЯ

Данный режим получен при введении в исходную схему следующих ВЛ:

- двухцепной ВЛ-330кВ Бэлць–Сучава (Б-С) через автотрансформатор 330/400 кВ, установленный на п/ст. Сучава;
- двухцепной УСВЛ-330кВ Бэлць – Рыбница (Б-Р);
- двухцепной УСВЛ-330кВ Котовск–Южноукраинская (К-ЮУ).

Расчетная схема данного варианта энергосистемы приведена на рис. 3.

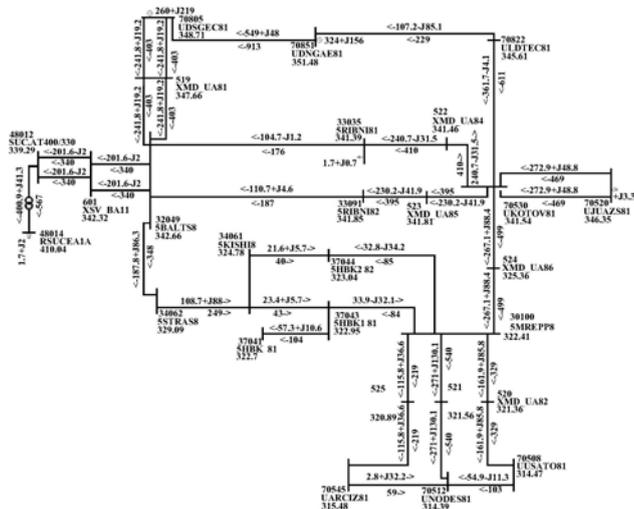


Рис.3 Расчетная схема энергосистемы при введении в работу двухцепных УСВЛ 330кВ Сучава-Бэлць, Бэлць-Рыбница, Котовск-Южноукраинская

Результаты расчета даны в таблице 5 и на рис.3. Электрические параметры двухцепной УСВЛ-330кВ приведены в таблице 2.

Таблица2. Параметры двухцепной УСВЛ-330кВ

Наименование	УСВЛ-330кВ		
	С-Б	Б-Р	К-ЮУ
Длина,км	128	104,4	150
R_0 , Ом/км	0,032	0,032	0,032
X_0 , Ом/км	0,22	0,22	0,22
v_0 ,мкСм/км	-5,57	-5,57	-5,57
Z_0 , Ом	198,3	198,3	198,3
P_n , МВт	664,6	664,6	664,6
R_c , Ом	4,096	3,34	4,8
X_c , Ом	28,16	22,96	33,41
B_c , мкСм	-712,96	-581,5	-846,1

В качестве УСВЛ-330кВ принята двухцепная оптимизированная УСВЛ-330кВ, выполненная на двухстоечных v-образных опорах, рис. 4.

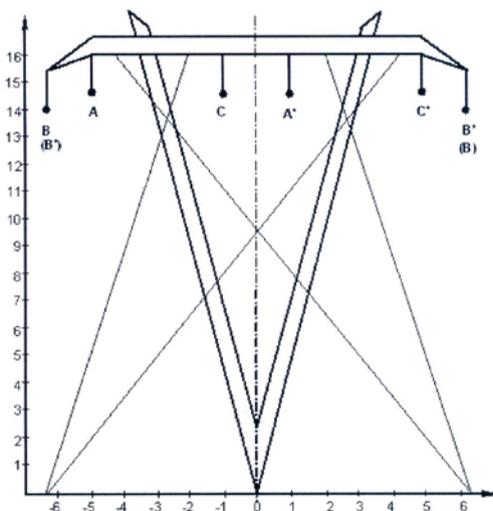


Рис.4.Вариант оптимизированной опоры двухцепной УСВЛ-330 кВ,провода ЗАС-300/39, $r_p=0,5$ м

4.РЕЖИМ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ДВУХЦЕПНЫХ УСВЛ-330КВ СУЧАВА-БЭЛЦЬ-РЫБНИЦА, КОТОВСК-ЮЖНОУКРАИНСКАЯ, С УЧЕТОМ ОДНОЦЕПНОЙ ВЛ 400КВ ЯССЫ-СТРАШЕНЫ.

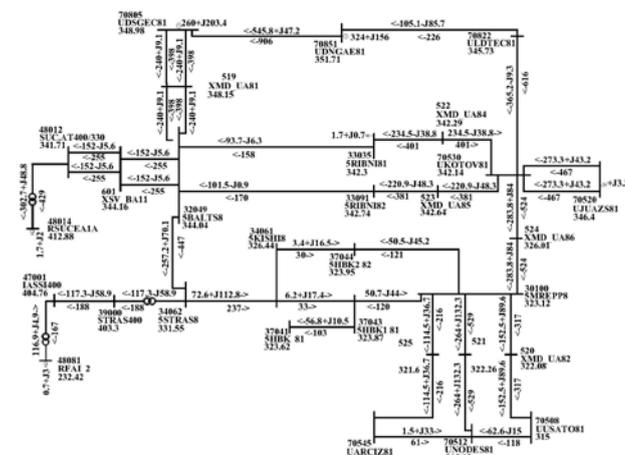


Рис.5.Расчетная схема энергосистемы при введении в работу двухцепных УСВЛ 330кВ С-Б, Б-Р, К-ЮУ, с учетом одноцепной ВЛ 400кВ Яссы-Страшены (Я-С).

Из сопоставления вариантов видно, что включение ВЛ-330 кВ между узлами 330 кВ Бэлць и Рыбница обеспечивает переток мощности в сторону п/ст 330 кВ Бэлць.

При этом происходит частичная разгрузка ВЛ-330 кВ Дн.ГЭС – Бэлць (с 331 МВт в исходном варианте схемы, до 302÷240 МВт, соответственно для рассмотренных вариантов новых ВЛ-330кВ. Частично также разгружаются ВЛ-330 кВ МГРЭС – Кишинэу. Рассмотренные варианты электроэнергетической системы Молдовы были сформированы на базе исходной расчетной схемы 2015 года и различаются тем, что в каждом из них введены те или иные ВЛ и их сочетания. Ниже приведена таблица3 результатов расчета рассмотренных режимов.

Таблица3. Сводные данные по Молдове

Наименование	$P_{ген}$	$P_{наг}$	ΔP
Исходный режим	1126,8	1151,4	96,4
Режим при включении одноцепной ВЛ-400кв Бэлць-Сучава	1126,8	1151,4	98,9
Режим при включении двухцепных УСВЛ-330кВ Сучава-Бэлць-Рыбница, Котовск-Южноукраинская	1126,8	1151,4	103,5
Режим при включении двухцепных УСВЛ-330кВ Сучава-Бэлць-Рыбница, Котовск-Южноукраинская, с учетом линии Страшень-Яссы 400кВ	1126,8	1151,4	104,2

В таблице 4 приведены сводные данные по рассмотренным выше режимам по системе в целом.

Таблица 4. Результаты расчета режимов по системе в целом

Наименование	Рген	Рнаг	ΔР
Исходный режим	78254	77769	1932,5
Режим при включении одноцепной ВЛ-400кВ Бэлць-Сучава	78222	77769	1897,2
Режим при включении	78208	77769	1898,25

двухцепных УСВЛ-330кВ Сучава-Бэлць-Рыбница, Котовск-Южноукраинская			
Режим при включении двухцепных УСВЛ-330кВ Сучава-Бэлць-Рыбница, Котовск-Южноукраинская, с учетом линии Страшень-Яссы 400кВ	78208	77769	1898,26

Таблица 5. Перетоки активной и реактивной мощностей по ветвям.

Наименование параметров	Режимы			
	Исходный	Б-С 400	Б-С, Б-Р, К-Ю УСВЛ-330	Б-С, Б-Р, К-Ю УСВЛ-330 + С-Я 400
Перетоки мощности по ветвям: МВт+jМВАр				
ВЛ-330 МГРЭС – ХБК-1	-31+j11	-65+j25	-34+j32	-51+j44
ВЛ-330 МГРЭС – ХБК-2	-28+j13	-64+j25	-33+j34	-50+j45
ВЛ-330 ХБК-1 – Кишинев	29+j14	-5+j2	23+j31	6,2+j17,4
ВЛ-330 ХБК-2 – Кишинев	29+j15	-7-j0,1	22+j32	3,4+j16,5
ВЛ-330 Кишинев – Страшены	128+j56	64+j79	109+j88	72,6+j112,8
ВЛ-330 Страшены – Бельцы	216+j75	143+j101	186+j109	257,2+j170,1
ВЛ-330 Бельцы – Гр.	327+j84	299+j40	240+j39	240+j9,1
ВЛ-330 Бельцы – Гр.	-	299+j40	240+j39	240+j9,1
ВЛ-330 Гр. – ДнГЭС	331+j82	302+j31	242+j19	240+j9,1
ВЛ-330 Гр. – ДнГЭС	-	302+j31	242+j19	240+j9,1
ВЛ-330 ДнГЭС – ДнГАЭС	440+j81	637+j56	549+j48	545,8+j47,2
ВЛ-330 ДнГАЭС – ЛадГРЭС	46-j10	139-j12	106-j17	105,1-j85,7
ВЛ-330 ЛадГРЭС – Котовск	-534-j146	-541-j139	-367+j10	-365,2+j9,3
ВЛ-330 Котовск – Гр	-163+j11	-158+j13	-272-j75	-283,8-j84
ВЛ-330 Гр – МГРЭС	-161-j19	-156-j18	-267-j88	-283,8-j84
ВЛ-330 МГРЭС – Гр	-112-j83	-72-j93	-162-j85	-152,5-j89,6
ВЛ-330 МГРЭС – Гр	-233-j129	-204-j134	-271-j130	-264-j132,3
ВЛ-330 МГРЭС – Гр	-109-j30	-103-j30	-116+j29	-114,5+j36,7
ВЛ-330 Гр – Усагово	-112-j84	-72-j94	-162-j86	-152,5-j89,6
ВЛ-330 Гр – Одесская	-233-j129	-204-j135	-271-j130	-264-j132,3
ВЛ-330 Гр – Арциз	-109-j37	-103-j38	-116-j37	-114,5-j36,7
ВЛ-330 Арциз – Одесская	4+j17	10+j15	-3+j18	-1,5+j33
ВЛ-330 Одесская – Усагово	96+j4	129-j6	55+j2	62,6-j15
ВЛ-400 кВ Бельцы – Сучава	-	-358+j44	-	-
ВЛ-330 кВ Бельцы – Сучава	-	-	-403,2+j4	-304+j11,2
ВЛ-330 Котовск – Гр Рыбница 1	104,2+j14,5	-118-j1	-241+j37	-234,5+j38,8
ВЛ-330 Котовск – Гр Рыбница 2	104,2+j14,5	-119-j11	-231+j48	-220,9+j48,3
ВЛ-330 Гр Рыбница 1 –Рыбница	118,9+j19,2	-117-j9	-241+j31	-234,5+j38,8
ВЛ-330 Гр Рыбница 2 –Рыбница	118,9+j19,2	-119-j19	-230+j42	-220,9+j48,3
ВЛ-330 Рыбница 1- Бельцы	-	-	104,7-j1,2	93,7-j6,3
ВЛ-330 Рыбница 2- Бельцы	-	-	110,7+j4,6	101,5-j0,9

Анализ полученных результатов показывает, что введении новых линий увеличивает потери мощности в энергосистеме Молдовы с 96,4МВт в исходном варианте до 104,2МВт, при этом в целом по энергосистеме рассмотренные выше варианты моделирования показали положительные результаты по снижению потерь, с 1932,5МВт до 1897,2МВт, т.е. на 34 МВт при заданных расчетных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования и анализ результатов позволяют сформулировать основные принципы стратегического развития схемы магистральных высоковольтных сетей энергосистемы Молдовы. Для создания возможностей осуществления перетоков мощности с энергосистемой Румынии целесообразно сооружение новой ВЛ п/ст Бэлць(Молдова) – п/ст Сучава (Румыния) на напряжении 400кВ в случае применения одноцепной ВЛ традиционной

конструкции, или на напряжении 330кВ, с использованием двухцепных УСВЛ-330кВ.

Применение варианта УСВЛ 330кВ Южноукраинская-Котовск, Рыбница-Бэлць, Бэлць-Сучава создает возможности увеличения транзитных перетоков мощности, улучшения режимных параметров объединенной энергосистемы и снижения общесистемных потери мощности.

Вопрос о строительстве УСВЛ 330кВ или других вариантов должен быть увязан с перспективой транзитных экспортных поставок электроэнергии и развитием энергосистем. Не исключено, что для обеспечения заданных перетоков мощности в объединенной энергосистеме понадобится установка средств принудительного регулирования перетоков мощности по межсистемным и внутрисистемным линиям электропередач.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Справочник по проектированию электрических сетей* под ред. Д.Л. Файбисовича. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2009.-392 с.:ил.
- [2] В.Постолатий, Е.Быкова, И.Голуб, В.Сулов *Управляемые самокомпенсирующиеся высоковольтные линии электропередачи-основа для создания систем типа SMART GRID в области передачи и распределения электроэнергии.* Analele Institutului de Energetică al AȘM. Fascicola 2. Ch.:TAȘM, 2010,p.157-175. ISSN.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:



Постолатий Виталий Михайлович, заведующий Лабораторией управляемых электропередач Института энергетики Академии Наук Молдовы; доктор технических наук, академик АН Молдовы.

Область научных интересов:

энергетические системы, управляемые линии электропередач переменного тока повышенной пропускной способности, проблемы передачи энергии, режимы энергетических систем, переходные электромеханические процессы, электрические станции, теплоэнергетика, экономика энергетики, вопросы управления энергетическим комплексом.



Голуб Ирина Владимировна. Окончила Кишиневский Политехнический Институт (Молдова) в 1989 году. Область научных интересов связана с исследованиями режимов энергосистемы



Быкова Елена Витальевна, ведущий научный сотрудник, к.т.н. Профессиональные интересы находятся в области исследования и анализа общих проблем энергетики, методологии расчета и мониторинга индикаторов энергетической безопасности страны (региона);

в области применения современных технологий производства электрической и тепловой энергии.

Бошняга В.А. д.т.н., ведущий н.с. Института энергетики АНМ. Область интересов: системы передачи электрической энергии.