

УДК 621.3.072.6

Студ. Н.П. Морозов, М.О. Штраух  
Науч. рук. доц. О.И. Александров,  
ст. преп. А.А. Лялько

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## **МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ТРАНЗИТЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО МЕЖСИСТЕМНЫМ ЛЭП**

С помощью потоков энергии по межсистемным линиям электропередачи (МЛЭП) можно решить целый ряд задач, среди которых наиболее важными являются: а) улучшение использования энергетических ресурсов и генерирующих мощностей; б) взаимопомощь энергосистем; в) перераспределение нагрузок электростанций; г) питание потребителей на трассе МЛЭП.

При условии сохранения заданной частоты межсистемный поток активной мощности может возникнуть или измениться только за счет встречного изменения режима потребления или генерирования электроэнергии, а также за счет различных комбинаций этих изменений.

Если изменится нагрузка только одной какой-либо станции, то возникнет межсистемный поток при одновременном отклонении параметров электроэнергии от заданной.

Основные преимущества объединения энергосистем – это снижение суммарного максимума нагрузки и улучшение использования резерва. Снижение максимума возникает из-за того, что некоторые локальные повышения нагрузки против среднего уровня в той или иной системе не совпадают, а оказываются сдвинутыми по времени. Если происходит объединение двух энергосистем, то снижение суммарного максимума нагрузки за счет регулярных и нерегулярных колебаний нагрузки составляет примерно 2-3% от суммы максимумов объединяемых систем. При увеличении числа совместно работающих агрегатов происходит: уменьшение размера резерва; снижение максимума нагрузки; освобождение резервных мощностей.

Уменьшение размера оперативного резерва за счет объединения энергосистем на  $\Delta N_{рез}$ , по сравнению с суммарным резервом при раздельной работе систем позволяет на столько же уменьшить установленную мощность в объединении. Совместное действие обоих факторов приводит к уменьшению установленной мощности объединения на следующее значение:

$$\Delta N_0 = (\Delta P + \Delta p) + \Delta N_{рез}$$

Экономический эффект от снижения капиталовложений за счет уменьшения установленной мощности станций при некотором повы-

шении за счет сооружения МЛЭП и усиления примыкающих к ним внутрисистемных ЛЭП является весьма существенным. Только распределив нагрузку между всеми тепловыми станциями объединения систем по правилу равенства удельных приростов, можно установить оптимальный режим, то есть режим минимума суммарных эксплуатационных затрат. При возникновении или изменении межсистемного энергопотока происходят изменения токораспределения в транзитных сетях обеих систем. Межсистемные перетоки мощности имеют место: при покупке/продаже электроэнергии (ЭЭ) объединенной энергетической системы (ОЭС); при осуществлении межгосударственного транзита ЭЭ. Существуют следующие варианты примыкания МЛЭП к энергосистемам: присоединение МЛЭП к шинам одной из существующих станций; присоединение к шинам одной из существующих подстанций основной электрической схемы энергосистемы; присоединение к специально сооруженной подстанцией.

Режим наименьших потерь в МЛЭП не соответствует наименьшим суммарным электрическим потерям в объединении, так как в некоторых случаях наличие межсистемного энергопотока создает такое благоприятное выравнивание нагрузок внутрисистемных участков МТ, что это компенсирует возрастание потерь в МЛЭП.

Необходимость межсистемного энергопотока чаще всего решается не с точки зрения загрузки внутрисистемных ЛЭП, а рационального использования ресурсов, технико-экономическими показателями и обеспечением бесперебойного производства энергии. Существует возможность снижения суммарных электрических потерь в объединении систем, за счет улучшения токораспределения при создании дополнительных сетевых связей, что способствует уменьшению суммарных потерь. Регулировать потери можно многими способами: регулированием напряжения в узлах; отключать ветви; отключать узлы; реверсировать поток и т. д. Каждое из этих действий по-своему влияет на потери.

Расчеты производились в программе RastrWin3.

Расчетные модули: расчет установившихся режимов электрических сетей произвольного размера и сложности, любого напряжения (от 0.4 до 1150 кВ); полный расчет всех электрических параметров режима (токи, напряжения, потоки и потери активной и реактивной мощности во всех узлах и ветвях электрической сети); проверка исходной информации на логическую и физическую непротиворечивость; эквивалентирование электрических сетей; оптимизация электрических сетей по уровням напряжения, потерям мощности и распределению реактивной мощности; структурный анализ потерь мощности – по их характеру, типам оборудования, районам и уровням напряжения; проведение

серийных (многовариантных расчетов) по списку возможных аварийных ситуаций; моделирование отключения ЛЭП, в том числе одностороннего, и определение напряжения на открытом конце и другие.

В данном эксперименте по выявлению суммарных активных и реактивных потерь в энергосистеме Республики Беларусь на примере гипотетической схемы, было изменено напряжение в узлах расположенных на территории Республики Беларусь, которые связаны с узлами, расположенными за границей. Это связано с тем, что основной поток электроэнергии на территорию республики поступает из-за границы. Следовательно, для анализа потерь, рациональнее всего манипулировать именно этими узлами, так как через них проходят большие потоки электроэнергии. В данный момент номинальное напряжение в узлах установлено в 330В. Для эксперимента номинальное напряжение было изменено в пределах 10% в большую и меньшую стороны. Как итог, наименьшие потери, реактивные и активные, выявлены при уменьшении напряжения на всех узлах, а наибольшие – при увеличении напряжения в узле «Полоцк + ТЭЦ-14».

**Таблица – Потери при отключении внешних**

	$\Sigma P_n$	$\Sigma P_r$	$\Sigma \Delta P$	$\Sigma \Delta Q$
Базовый режим	4682,7	5047,8	365,15	2347,94
Отключение 2-х ЛЭП из РФ (Витебск – Талашкино, Рославль – Кричев)	Недопустимое снижение напряжения в узле 6 (Кричев)			
Отключение всех ЛЭП из РФ	Недопустимое снижение напряжения в узле 6 (Кричев)			
Отключение всех ЛЭП из Украины	4603,7	4885	281,32	1825,15
Отключение всех ЛЭП из Прибалтики	4552,7	4764,2	211,48	1346,11
Полный автономный режим РБ	3690,9	3837,7	146,74	935,87
Полный автономный режим с работающей ЛЭП-707	3690,9	3882,2	191,32	1160,51
Отключение только ЛЭП-707	4682,7	5046,8	364,12	2338,38
Отключение всех ЛЭП из РФ и Кричев	3910,2	4281	370,84	2374,69

Суммарная нагрузка в энергосистеме Республики Беларусь, при изменении номинального напряжения на 10 % в большую и меньшую стороны, не изменяется. Суммарная же генерация имеет тенденцию незначительно изменяться. Так, при расчетах, максимальная суммарная генерация выявлена в узле «Полоцк + ТЭЦ-14» и узле «Витебск» при напряжении 363 В. При этом, она не превышает значений, которые соответствуют стандартному напряжению (330 В) в этих узлах. В свою очередь минимальные суммарные генерации выявлены в узлах «Мозырь + ТЭЦ-24» и «Гомель». При этом в узле «Мозырь + ТЭЦ-24» он

принимает наименьшее значение при увеличении номинального напряжения до 363 В, а в узле «Гомель» - при стандартном напряжении.

Потери при отключении внешних источников представлены в таблице 1

Из расчетов видно, что наименьшие значения потерь будут в случае полного автономного режима Республики Беларусь. В первую очередь это связано с тем, что при отключении внешних перетоков суммарные нагрузки и генерации уменьшаются, так как уменьшается количество поступающей энергии, следовательно уменьшаются и потери электроэнергии.

Расчет потерь при реверсивном движении тока представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – потерь при реверсивном движении тока**

Ветви	Суммарные потери во всей системе (МВт) при следующих режимах	
	Нормальном	Реверсе
ЧАЭС – Мозырь+ТЭЦ 24	363,5	248,03
Чернигов – Гомель	363,49	436,28
Кричев – Рославль	364,03	351,67
Талашкино – Витебск	364,01	336,72
Новосокольники – Полоцк+ТЭЦ 14	365,1	392,37
Игналинская – Сморгонь, ТЭЦ 5, Полоцк+ТЭЦ 14	Недопустимое снижение напряжения на Игналинской АЭС	
Вильнюс – Молодечно	363,47	326,97
Алитус – Гродно	365,02	356,59
Переток из Украины в РБ	363,49	436,28
Переток из РБ в Украину	363,5	248,03
Переток из РБ в РФ (не учитывается линия Смоленская АЭС – Белорусская)	364,01	336,72
Переток из РФ в РБ (не учитывается линия Смоленская АЭС – Белорусская)	365,02	377,54
Переток из Прибалтики в РБ	365,02	356,59
Переток из РБ в Прибалтику	Недопустимое снижение напряжения в Алитусе	
Переток из РБ в соседние страны	Недопустимое снижение напряжения в Игналинской АЭС	
Переток из соседних стран в РБ	363,47	423,97