

СЕКЦИЯ 1. Электрические системы

УДК 621.311

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СХЕМНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Савенко С.Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент, КАЛЕНТИОНОК Е.В.

Одной из важных функциональных характеристик электропередач является их пропускная способность [1]. Под ней обычно понимают максимальную активную мощность, которую можно передавать в достаточно длительном установившемся режиме с учетом технических ограничений. Такими ограничениями могут быть предел передаваемой мощности по условию статической устойчивости генераторов, которые работают в частях системы, связываемых рассматриваемой электропередачей, либо по устойчивости узлов нагрузки; допустимый ток по нагреву проводов линии и допустимые отклонения напряжения в распределительных сетях (допустимые потери напряжения). К достаточно длительным установившимся режимам относят нормальные и послеаварийные режимы работы сети. Предел передаваемой мощности при фиксированных напряжениях по концам идеализированной линии (без потерь), связывающей две части, определяют по известной формуле:

$$P_n = \frac{U_i^2}{x} = \frac{U_i^2}{Z_0 \sin \alpha l} = \frac{P_{nat}}{\sin \alpha l}, \quad (1)$$

где U_i – номинальное напряжение линии;

x – сопротивление линии без компенсирующих устройств;

Z_0 – волновое сопротивление;

α – коэффициент изменения фазы волны;

l – длина линии;

P_{nat} – натуральная мощность.

Наша страна как покупает, так и продаёт электроэнергию. А для того чтобы экспортировать электроэнергию из соседней Польши, необходимо создать условия для синхронной работы двух энергосистем и надо создать управляемые линии электропередачи для регулирования потоками мощности.

Для решения этой проблемы в данной работе рассматриваются три схемно-конструктивных решения.

1) Линия электропередачи постоянного тока.

Принцип работы электропередачи постоянного тока рассмотрим с использованием ее простейшей схемы (рисунок 1). Электропередача содержит по концам две преобразовательные подстанции Π_1 и Π_2 и линию электропередачи постоянного тока, которая может быть воздушной либо кабельной. Со стороны переменного тока преобразовательные подстанции соединены с трехфазными шинами, к которым подключены нагрузки потребителей [2].

Если передача мощности осуществляется от электростанции в приемную систему, то подстанция Π_1 будет работать в выпрямительном режиме, а подстанция Π_2 – в инверторном режиме. При этом на подстанции Π_1 получающей активную мощность от электростанции

тростанции, будет происходить преобразование трехфазного переменного тока в постоянный ток, а на подстанции Π_2 – обратное преобразование постоянного тока в переменный и выдача активной мощности в систему. При передаче активной мощности по такой схеме часть ее будет теряться в оборудовании подстанций и в линии.

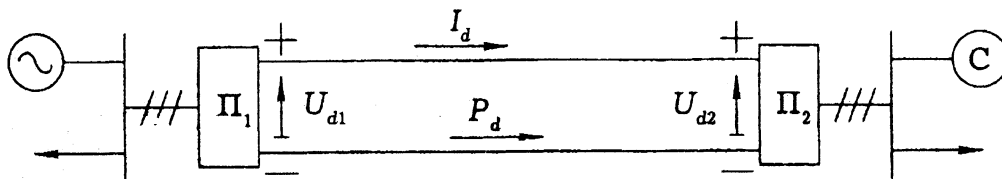


Рисунок 1. Принципиальная схема электропередачи постоянного тока

Мощность P_d , передаваемая по линии, будет зависеть от тока I_d в ней, который может изменяться регулированием соотношения напряжений U_{d1} и U_{d2} соответственно на подстанциях Π_1 и Π_2 :

$$I_d = \frac{U_{d1} - U_{d2}}{R_n},$$

где R_n – активное сопротивление линии.

Напряжение U_d , на инверторной подстанции Π_2 , направлено встречно относительно напряжения выпрямительной подстанции Π_1 и тока I_d .

Из формулы (1) следует, что мощность будет передаваться от станции в систему, если $U_{d1} > U_{d2}$. При $U_{d1} = U_{d2}$ передаваемая мощность будет равна нулю. Если же необходимо изменить направление передачи мощности, то подстанцию Π_2 следует перевести в выпрямительный режим, а Π_1 – в инверторный и обеспечить соотношение напряжений:

$$U_{d2} > U_{d1}.$$

2) Асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты (АС ЭМПЧ).

Преобразователь АС ЭМПЧ представляет собой управляемое силовое устройство, включающее в себя собственно агрегат, выполняемый на базе двух асинхронизированных машин $M1$ и $M2$ (их роторы объединяются одним общим валом), подключаемых к трехфазному источнику электроэнергии, статические преобразователи частоты Π , питающие систему возбуждения АС ЭМПЧ, регулятор возбуждения Reg и систему различных датчиков (рисунок 2). На роторе каждой из машин преобразователя размещаются две симметрично располагаемые обмотки возбуждения $d-d$ и $q-q$, питание которых осуществляется от Π переменным током с частотой ω_f (в дальнейшем понятия угловая скорость ω и частота f вращения будут употребляться как синонимы, хотя $\omega = 2\pi f$), изменяющейся в пределах до ± 2 Гц (рисунок 2). Для получения такой частоты применяется тиристорный преобразователь частоты с непосредственной связью. Он формирует частоту ω_f в зависимости от частоты вращения вала АС ЭМПЧ ω_e и выбираемой в качестве желаемой частоты ω_n [3].

Питание статических преобразователей Π может осуществляться через трансформаторы T_{i1} и T_{i2} от статорной цепи АС ЭМПЧ, как показано на рисунке 2. либо от вспомогательной синхронной машины на общем валу с агрегатом, либо, наконец, от независимого источника.

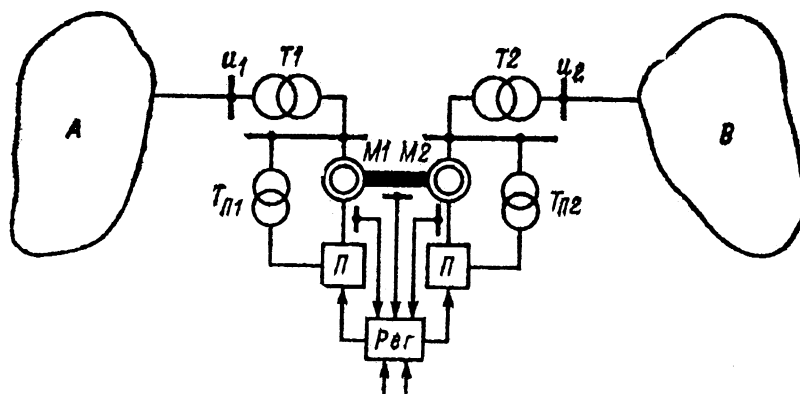


Рисунок 2. Принципиальная схема межсистемной связи с АС ЭМПЧ

3) Вставки постоянного тока.

Вставка постоянного тока (ВПТ) предназначена для согласования энергосистем с различными частотами и контролируемого перетока электроэнергии, повышения надежности работы энергосистем, а также для обеспечения высокого качества передаваемой электроэнергии. ВПТ может также использоваться для обеспечения передачи энергии постоянным током на сверхдальние расстояния. Принципиальная схема ВПТ изображена на рисунке 3.

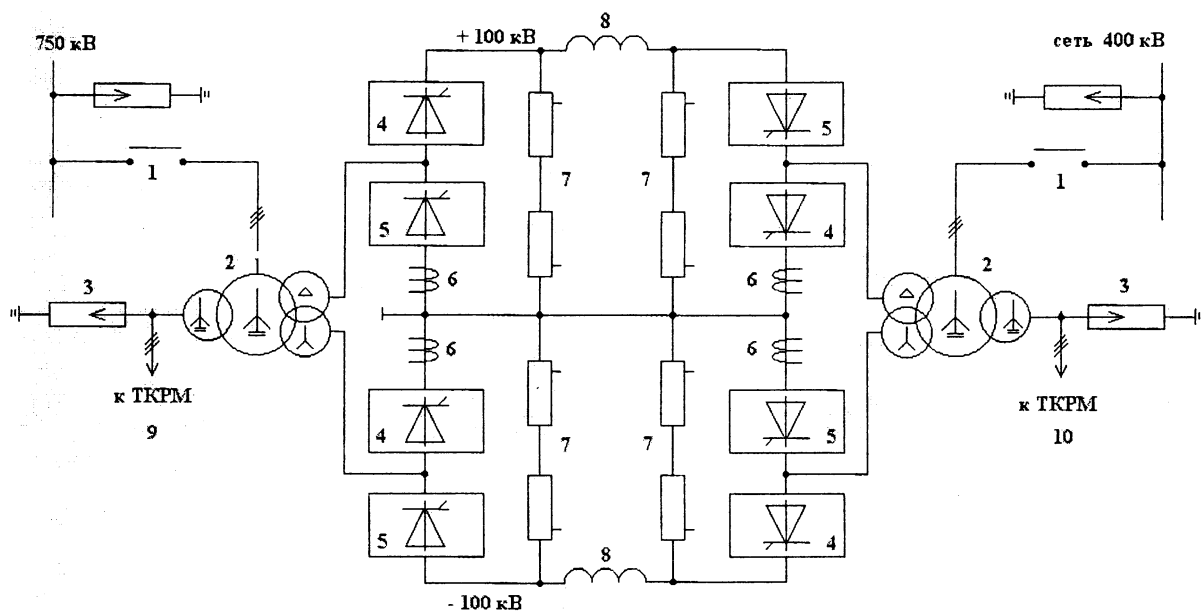


Рисунок 3. Упрощенная схема вставки постоянного тока: 1 – выключатель 750 кВ;

2 – трансформатор преобразователя; 3 – вентильный разрядник;

4 – катодная группа преобразователя; 5 – анодная группа преобразователя;

6 – трансформатор постоянного тока; 7 – делитель постоянного напряжения; 8 – реактор;

9 и 10 – фильтро-компенсирующее устройство с тиристорным регулятором

Таким образом, три вышеперечисленных схемно-конструктивных решения являются наиболее оптимальными вариантами для межгосударственных управляемых линий электропередачи с другими энергосистемами.

Литература

1. Федин, В.Т., Головач, Ю.Д., Селиверстов, Г.И., Чернецкий, М.С. Электропередачи переменного тока повышенной мощности. – Мн.: Наука и техника, 1993.

2. Поспелов, Г.Е., Федин, В.Т. Передача энергии и электропередачи. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.
3. Веников, В.А. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. – М.: Энергоатомиздат, 1993.

УДК 621.311

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Волков А.А.

Согласно [1] выбор регулировочных ответвлений сетевых трансформаторов трансформаторных подстанций следует осуществлять в зависимости от потерь напряжения в сети от центра питания до ближайшего и наиболее удаленного электроприемников в сети данного трансформатора в режиме наибольших нагрузок. При этом рекомендуется следующий порядок выбора регулировочных ответвлений трансформаторов:

– разделяют присоединенную к центру питания распределительную сеть на зоны шириной 2,5 % по потере напряжения от шин центра питания до ближайшего к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции электроприемника;

– принимают в каждой зоне для трансформаторов подстанции одно и то же регулировочное ответвление. На трансформаторах, присоединенных к распределительной сети в зоне потерь напряжения от 0 до 2,5 % – регулировочное ответвление 1, в зоне потерь напряжения от 2,5 до 5 % – 2 и т. д.;

– определяют границы допустимых значений установившегося отклонения напряжения в центре питания, исходя из существующих потерь напряжения в сети и принятых регулировочных ответвлений трансформаторов;

– проверяют соответствие границ допустимых значений установившегося отклонения напряжения в центре питания с фактически поддерживаемым режимом напряжения и, при необходимости, проводят коррекцию регулировочных ответвлений сетевых трансформаторов или закона регулирования с целью обеспечения требований стандарта на выводах электроприемников [2].

При анализе приведенного порядка выбора ответвлений сетевых трансформаторов можно отметить, что выбор ответвлений производится без учета потерь напряжения от шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции до точки подключения потребителей. Кроме того, не учитывается зона нечувствительности автоматических устройств регулирования напряжения трансформаторов (АРНТ) в центре питания. В данной работе была поставлена задача определения влияния этих факторов на выбор ответвлений сетевых трансформаторов.

Границы допустимого отклонения напряжения на шинах 0,38 кВ трансформаторной подстанции в режиме наибольших нагрузок равны [3]:

$$\delta U_{ТП\text{ нб}}'' = \delta U_+ + \Delta U_{нн\text{ б}}'';$$

$$\delta U_{ТП\text{ нм}}'' = \delta U_- + \Delta U_{нн\text{ у}}'';$$

где δU_+ и δU_- – верхний и нижний пределы отклонения напряжения на выводах электроприемника;

$\Delta U_{нн\text{ б}}''$ и $\Delta U_{нн\text{ у}}''$ – потеря напряжения от шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции соответственно до ближайшего и до наиболее удаленного приёмника в режиме наибольших нагрузок.