

УДК 621.313.320

ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПОЛНОЙ ВЫДАЧЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

Шевченко В.В., канд. техн. наук, доц., Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Лизан И.Я., канд. техн. наук, доц., Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Артёмовск

Обоснован способ повышения эффективности передачи электроэнергии на основе применения силовых полупроводниковых устройств выравнивания потоков энергии.

A method of increasing the efficiency of power transfer by means of power semiconductor devices for power flow smoothing is described in the article.

Актуальность задачи. Решение задачи обеспечения энергетической независимости национальной экономики в значительной степени определяется применяемыми технологиями получения и распределения электроэнергии. Возможными перспективными направлениям в этой области являются [1]:

- применение асинхронизированных: турбогенераторов; синхронных компенсаторов;
- повышение единичной мощности турбогенераторов АЭС (до 1500 МВт);
- увеличение числа мини-ТЭС, восстановление и строительство малых гидроэлектростанций;
- применение возобновляемых источников энергии;
- совершенствование технического состояния электросетей;
- повышать эффективность использования установленных мощностей.

Однако, современное состояние электроэнергетической отрасли показывает, что ядерная энергетика занимает в ней одно из ведущих мест сейчас и будет доминировать в перспективе. Поэтому актуально исследование проблематики повышения эффективности эксплуатации электроэнергетических установок АЭС

Исследования и публикации. Исследования состояния электроэнергетики Украины показывают, что одной из главных проблем отрасли является высокая степень изношенности основного технологи-

ческого оборудования электростанций. Так на 104 энергетических блоках тепловых электростанций, работающих на угле, 96% оборудования отработало проектный ресурс, из них 75% - превысили граничный ресурс. КПД станций снизился до 30 – 35%, [2]. В настоящее время около 45% электроэнергии (в общем объеме по стране), производят 4 атомные электростанции (13 энергоблоков). Планируется увеличение этого объема до 52 %, [3]. Однако увеличение выработки электроэнергии на АЭС приводит к сохранению и даже наращиванию проблем эксплуатации и хранения отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО). Так, наибольшую составляющую в уровень активности отработавшего ядерного топлива после трехлетней выдержки вносят [1]. $^{137}\text{Cs} + ^{137\text{m}}\text{Ba}$ (24%), $^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$ (21%), $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (18%), $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ (16%), ^{147}Pm (10%), ^{134}Cs (7%), а так же Kr^{85} , Eu^{154} , Eu^{155} - приблизительно по 1% каждый изотоп. В связи с этим актуальной остается проблема безопасности переработки и утилизации ядерных отходов. Естественно, повышение показателей электроэнергетики за счет ввода в эксплуатацию новых энергоблоков АЭС будет эту проблему усугублять.

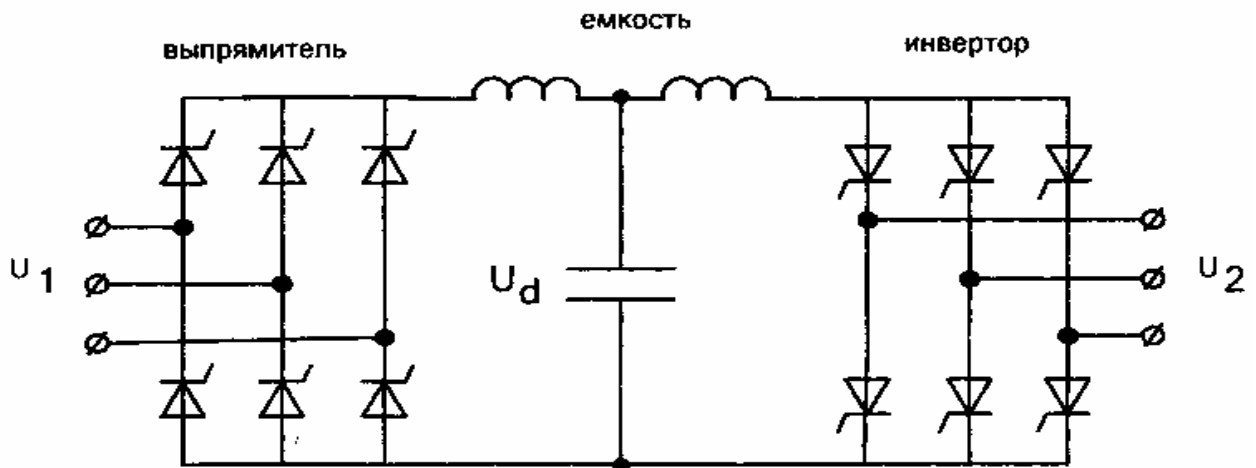
Постановка задачи. Задачей исследования является обоснование альтернативных технических решений, способствующих повышению эффективности производства и распределения электроэнергии, включая атомные электростанции.

Изложение основного материала и результаты исследования. Решение поставленной задачи может быть представлено на примере Днепровского энергоузла. Основным ограничивающим фактором здесь является достижение предельно допустимых расчетных условий по критерию динамической устойчивости на случай отключения мощных генерирующих источников, а также в режиме отключения одной из отходящих воздушных линий (ВЛ) 330/750 кВ с последующим возможным отключением любой второй ВЛ. Это требует постоянного контроля пропускной способности ВЛ. В 2007 году недовыработка электроэнергии только Запорожской АЭС из-за ограничений по пропускной способности ВЛ-750 кВ составила свыше 800 млн. кВт·ч, в том числе из-за ограничений по пропускной способности схемы выдачи мощности при одновременной работе шести энергоблоков в течение 54 суток (ограничение 5300 МВт!) – свыше 800 млн. кВт·ч, а из-за отключений ВЛ-750 кВ при плановом ремонте – около 18,0 млн. кВт·ч, [4].

Повысить предел передаваемой мощность при относительно низкой затратности технических решений представляется возможным за счет изменения существующих схем электропередачи.

В частности, при параллельной работе линий разного номинального напряжения часто оказывается, что линии, например, низкого напряжения, перегружаются, а высокого - недогружаются, так как перераспределение потоков мощности происходит естественным образом обратно пропорционально полным сопротивлениям ВЛ. Равномерная загрузка линий позволяет увеличить общий поток энергии при том же сечении проводов.

Схема устройства регулирования направления (выравнивания) потока энергии, представлена на рис. 1. На схеме вводы переменного



тока мостовых выпрямителей присоединены к вводам энергосистем 1 и 2.

Рисунок1 - Устройство регулирования направления потока энергии

При работе устройства в режиме управления потоками энергии, например, от системы 1 к системе 2, левый мост работает в режиме выпрямителя, заряжая емкость. Правый мост работает функциониру- ем как инвертор, преобразуя энергию электрического поля емкости в энергию электрического тока от емкости в систему 2. В случае пере- дачи энергии от системы 2 в систему 1 функции мостов меняются.

Выпрямленное напряжение при этом равно:

$$U_d = 1,35 \cdot U_1 \cdot \cos\alpha, \text{ В}$$

Ток инвертора

$$I_d = \frac{U_d - U_{d0} \times \cos\beta}{Z_2} \times \frac{2\pi}{m}, \text{ А}$$

Передаваемая мощность $P = U_d \cdot I_d$, кВт

где U_1 - линейное, действующее значение напряжения системы 1, В;

U_d - выпрямленное напряжение на емкости, В;

α - угол регулирования выпрямителя;

I_d – ток, который проходит из емкости в смежную систему (2), А;

Z_2 - полное сопротивление смежной системы (2), относительно зажимов емкости, Ом;

β - угол регулирования инвертора;

m - число фаз инвертора;

U_d - выпрямленное напряжение системы 2, В:

$$U_d = 1,35 \cdot U_2, \text{ В}$$

Из этих уравнений следует, что ток, передаваемый от емкости в систему 2:

$$I_d = \frac{1,35U_1 \times \cos \alpha - 1,35U_2 \times \cos \beta}{Z_2} \times \frac{2\pi}{m}, \text{ А}$$

Учитывая, что напряжения систем одинаковы, т.е. что $U_1 = U_2 = U_{до}$, то:

$$I_d = 1,41 \times \frac{U_{\approx}}{Z_2} (\cos \alpha - \cos \beta) = \frac{U_{m\approx}}{Z_2} (\cos \alpha - \cos \beta), \text{ А}$$

$$P = U_d \times I_d = 1,9 \times \frac{U_{\approx}^2}{Z_2} \cos \alpha (\cos \alpha - \cos \beta), \text{ кВт}$$

Емкость конденсатора должна быть такой, чтобы накопленной в его электрическом поле энергии хватило на обеспечение мощности P без существенного снижения напряжения в течение промежутка времени Δt .

За это время потери энергии в емкости:

$$\Delta w = \frac{C}{2} (U_H^2 - U_K^2), \text{ Дж}$$

Мощность, запасенная в конденсаторе:

$$P = \frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{C}{2t} (U_H^2 - U_K^2) = \frac{C}{\Delta t} (U_H - U_K) \frac{(U_H + U_K)}{2} = \frac{C}{\Delta t} \times U_{CP} \times \Delta U, \text{ кВт}$$

где U_H , U_K - значения напряжения на емкости в начале и конце промежутка времени Δt ; C – емкость конденсатора, мФ.

Отсюда необходимое минимальное значение емкости:

$$C = \frac{P \times \Delta t}{U_{\text{CP}} \times \Delta U}, \text{ мФ}$$

Если принять, что Δt равно одному периоду с частотой 50 Гц, т.е. $\Delta t = 0,02$ с, а $\Delta U \leq 0,05U_{\text{CP}}$, то для предложенной схемы (рис. 1) емкость конденсатора:

$$C = 0,4 \times \frac{P}{U_{\text{CP}}^2}, \text{ мФ}$$

Значение емкости конденсатора согласуется с номенклатурным рядом изделий. В частности, исследованиями установлено, что для управления мощностью 1 МВт при напряжении 10 кВ необходим конденсатор емкостью всего в 4 мФ, что соответствует параметрам высоковольтных конденсаторов, выпускаемых промышленностью. При этом технические характеристики силовых полупроводников выпрямителей позволяют управлять потоком энергии между энергосистемами рассматриваемой выше мощности и напряжения. Предложенная схема допускает компенсация «провалов» напряжения и коррекцию его частоты.

Снятие ограничений отдаваемой мощности применительно к возможностям Запорожской АЭС, согласно расчетам, позволит довести величину разрешенной к передаче мощности до 6,3 МВт.

Выводы и направление дальнейших исследований. В работе обосновано техническое решение, позволяющее на основе изменения схемы подключения блоков электростанции, увеличить пропускную способность линий электропередачи путём выравнивания потоков энергии вставками постоянного тока с промежуточным включением конденсатора. Направлением дальнейших исследований является моделирование электроэнергетических потоков в энергосистеме в процессе их выравнивания.

Список источников.

1. Шевченко В.В. Атомная энергетика: способы и проблемы хранения отработанного ядерного топлива. / Шевченко В.В., Лизан И.Я., Шевченко С.Е. // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць. – Харків: Харківський державний університет повітряних сил, 2008. - Вип. 9(67). - С. 147-153.
2. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине / Шевченко В.В. // Электроэнергетика та електрифікація. – 2007. - № 7.- С. 11 – 16.
3. Кузьмин В.В. О нетрадиционном сценарии развития энергетики в XXI веке / Кузьмин В.В. // Новини енергетики. - 1999. - № 2. - С. 49-59.
4. Проблема выдачи полной мощности ЗАЭС: [Материалы научно-технического совета Г/7], - М.: НАЭК «Энергоатом», 27.02.2008. - 44 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 6.11.08