

УДК 621.314.22.08

Лаошвили Д.П., Метревели В.Ш., Кохреидзе Г.К., Джавахадзе Г.А.
Грузинский электроэнергетический научно-инженерный центр

ПРОБЛЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© Лаошвили Д.П., Метревели В.Ш., Кохреидзе Г.К., Джавахадзе Г.А., 2000

Розглянуто електромагнітну сумісність ліній електропередач із вставками постійного струму високої напруги. Сформульовані вимоги до таких систем з погляду забезпечення високої якості електричної енергії.

Электромагнитная совместимость – добротность электромагнитных процессов для совместного применения в определенных условиях, которые удовлетворяют соответствующим требованиям и не вызывают неприятных взаимодействий процессов в преобразовательных системах энергетического назначения.

При передаче и вставке постоянного тока высокого напряжения ППТ и ВПТ используется последовательное соединение нескольких мостов выпрямителя и инвертора. К каждому двум мостам, включаемым последовательно, путем применения трансформаторов с соединением обмоток звездой и треугольником, подводятся системы трехфазных напряжений, сдвинутые между собой на 30°.

Суммарное выпрямленное напряжение двух мостов получается более сглаженным по сравнению с выпрямленным напряжением одного моста. Выпрямленное напряжение содержит только гармоники в порядке $n = 12k$. Гармоники в порядке $n = (2k + 1)^6$ находятся в противофазе и взаимно компенсируются. Переменный ток двухмостового 12-фазного преобразователя содержит меньше высших гармоник и по своей форме ближе к синусоиде по сравнению с переменным током одномостового преобразователя.

При работе двухмостового преобразователя, коммутационные процессы, происходящих в одном мосте, влияют на условия работы другого моста. Такое взаимное влияние мостов обусловлено наличием общего для обоих мостов индуктивного сопротивления X на стороне переменного тока

$$X = X_S + X_C = X_S + \frac{U_1^2}{S_K}, \quad (1)$$

где X_S – сопротивление рассеяния трехлучевой эквивалентной звезды, которая соединена с сетью; X_C – эквивалентное сопротивление системы; U_1 , S_K – линейное напряжение и мощность трехфазного напряжения короткого замыкания на шинах систем.

Для осуществления электромагнитной совместимости процессов двухмостового преобразователя, необходимо отсутствие взаимного влияния мостов в результате присоединения силовых трансформаторов к шинам бесконечной мощности: $S_K \rightarrow \infty \Leftrightarrow X_C = 0$.

Реализация положения $X_C = 0$ осуществляется путем присоединения мощных шунтовых конденсаторных батарей.

В этом случае каждый мост в схеме двухмостового преобразователя работает независимо друг от друга.

В двухмостовом преобразователе электромагнитная совместимость во многом зависит от коэффициента взаимного влияния мостов [1]

$$A = \frac{X_C}{X_T + X_C}, \quad (2)$$

где X_T – индуктивное сопротивление силового трансформатора, определяемое в опыте короткого замыкания, вынесено на первичную сторону. При $A \approx 0$, ($X_C = 0$), взаимное влияние двух мостов соответствует.

Коэффициент A определяет степень взаимного влияния мостов, возникающего из-за наличия общего для обоих мостов индуктивного сопротивления X_C .

В случае выпрямителя и инвертора, взаимное влияние мостов вызывает отрицательные последствия, которые с увеличением коэффициента A усугубляются.

Степень электромагнитной совместимости ВПТ во много раз зависит от гармонических свойств выпрямительного напряжения и тока в преобразователях.

В схеме ВПТ для подавления гармоник тока применяется включение на выходе преобразовательных подстанций последовательно в полюсы сглаживающих реакторов достаточно большой индуктивности L_d .

Преобразователь, работая в выпрямительном и инверторном режимах, потребляет реактивную мощность из сети переменного тока.

Потребление преобразовательной подстанцией реактивной мощности из системы переменного тока может оказаться недопустимым по условиям работы систем переменного тока. При этом возникает задача компенсации реактивной мощности, в результате чего повышается электромагнитная совместимость процессов в преобразователях. Для компенсации реактивной мощности можно применить на преобразовательной подстанции шунтовые конденсаторные батареи, синхронные компенсаторы и последовательно на вторичной или первичной стороне трансформаторов включение конденсаторной батареи; а также применение специальных преобразовательных схем с искусственной коммутацией.

Для решения ограничения выхода высших гармоник тока от преобразователя в систему переменного тока последовательно с конденсаторами включаются реакторы и полученные цепочки настраиваются в резонанс с высшими гармониками тока, генерируемыми преобразователями ВПТ.

В результате применения трехобмоточного силового трансформатора с соединением обмоток звездой и треугольником, двухмостового 12-фазного преобразователя (выпрямителя и инвертора), фильтрующих систем, отбора реактивной энергии или компенсации реактивных мощностей, полностью соблюдено условие электромагнитной совместимости двух соседних энергосистем вставками постоянного тока высокого напряжения.

При пуске вставки необходим фильтр 3-й /11-й гармоник. В противном случае, повреждается большое число конденсаторов. Возможно также появление напряжения обратной последовательности в сети и в случае дефицита выдаваемой реактивной мощности при отключении фильтра ожидается неприемлемо низкое напряжение на шинах. Оптимальный

выбор параметров конденсаторных батарей в фильтре дает возможность снимать нежелательную посадку напряжения.

Потребление реактивной мощности пропорционально активной мощности ВПТ. Большая часть реактивной мощности обеспечивается батареями конденсаторов, подключенными к шинам. Если по каким-либо причинам потребление реактивной мощности отсутствует, необходимо при этом немедленно выключать конденсаторные батареи, а иначе будет обеспечено значительный избыток реактивной мощности.

Это вызывает квазистационарные перенапряжения, пока будут отключены фильтры. Такие перенапряжения трансформируются в распределительную сеть [2].

С целью быстрой компенсации реактивной мощности устанавливаются два статических компенсатора. В качестве регулируемого элемента используются насыщающиеся реакторы.

Для того, чтобы избежать неоправданных коммутаций при переходных процессах в системе, сигнал для коммутации батарей конденсаторов определяется по медленному изменению тока насыщающегося реактора.

1. Поссе А.В. *Схемы и режимы электропередач постоянного тока*. М., 1973.
2. Худякова В.В. *Передачи и вставки постоянного тока высокого напряжения*. М., 1988.

УДК.621.365.25.001.5

Лозинський О., Костинюк Л.
ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕАП

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РОЗПОДІЛІВ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАДІЙ ДУГОВИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПЕЧЕЙ

© Лозинський О., Костинюк Л., 2000

У статті розглядається вибір закону розподілу випадкових величин для апроксимації експериментальних з явно вираженими асиметрією та ексцесом. Запропоновано використати розподіл Пірсона-IV, наведені рекомендації для обчислень параметрів цього розподілу.

Моделювання зміни технологічних стадій плавлення сталі в дугових сталеплавильних печах (ДСП) проводиться з метою оптимізації плавлення, особливо електричного режиму. Технологічні стадії змінюють одна одну протягом плавки в такій послідовності: проплавлення шихти (утворення колодязів навколо електродів або спільної зони плавлення) до утворення озера рідкого металу на подині печі, обвали шихти, кінцеве розплавлення, окислення, відновлення. Кожній з цих стадій повинен бути встановлений відповідний електричний режим, який задається напругою на електродах – ступенем пічного трансформатора та установкою струмів дуг. Процеси, які відбуваються в печі, як електричні, так і