



ДОПЪЛНИТЕЛНИ ЗАГУБИ ВЪВ ВЪЗДУШНИ ТОКООГРАНИЧАВАЩИ РЕАКТОРИ

ДИНЬО КОСТОВ, ГЕОРГИ ГАНЕВ

Резюме: В доклада се разглеждат допълнителните загуби възникващи във въздушни токоограничаващи реактори при наличие на метални защитни прегради. Използвайки метода на крайните елементи са определени допълнителните загуби при хоризонтално и при вертикално разположение на три въздушни реактора включени в трифазна мрежа. Анализирани са причините за възникването им.

Ключови думи: въздушни токоограничаващи реактори, допълнителни загуби, МКЕ

CURRENT LIMITING AIR REACTORS ADDITIONAL LOSSES

DINJO KOSTOV, GEORGI GANEV

Abstract: The additional losses existing into air current limiting reactors have been studied in this paper. Using finite element method the additional losses into three air current limiting reactors with horizontal and vertical position connected in three phase grid have been determined. The causes of their rising are analyzed.

Key words: air current limiting reactors, additional losses, finite element method

1. Въведение

Въздушните токоограничаващи реактори се използват от двадесетте години на миналия век, първоначално от фирмата Westinghouse Electric, а впоследствие – и от други фирми от този бранш. Понастоящем, въздушните реактори се използват като част от филтрите за висши хармоници, като изглаждащи реактори и др. [1]

В нас въздушните токоограничаващи реактори намират приложение в мрежите средно напрежение със сравнително големи токове на късо съединение. Това са предимно вътрешнозаводски мрежи 6kV или разпределителни мрежи 20kV с малка дължина. Най-често използваните реактори са произвеждани в бившата СССР.

Тези съоръжения, често наричани бетонни реактори, се отличават с простота, висока надеждност и лесна поддръжка.

В доклада са представени резултати от проведено симулационно изследване на допълнителните загуби, възникващи в

предпазните метални прегради използвани за обезопасяване на бетонните реактори.

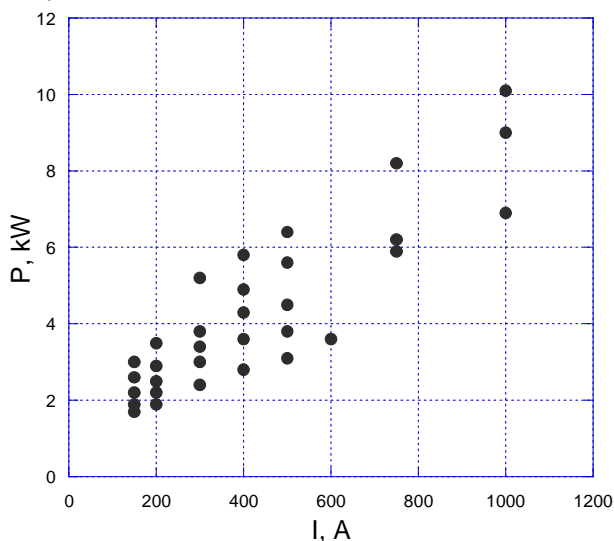
2. Загуби в токоограничаващите реактори

Загубите във въздушните токоограничаващи реактори за средно напрежение (Ср.Н.) се дължат на омическите загуби в проводника от който е навита тяхната бобина [2,3]. На фиг.1 са дадени загубите във въздушни реактори, в зависимост от номиналния ток [4].

Магнитното поле на реактора е причина за възникване на вихрови токове във металните детайли от неговата конструкция. Тези допълнителни загуби трудно се определят по-аналитичен път и обикновено се пренебрегват [3].

На базата на известни инженерни методики, е съставен алгоритъм за определяне на геометричните размери и на загубите в токоограничаващите реактори [2,5].

Въз основа на определените геометрични размери и основните конструктивни параметри (брой навивки, сечение на проводника, слоеве на намотката и др.), използвайки метода на крайните елементи (МКЕ) са съставени симулационни модели.



Фиг. 1. Паспортни загуби в токоограничаващи реактори Ср.Н.

Симулирани са четири типа токоограничаващи реактори за номинално напрежение 10kV: РБ10-150-4; РБ10-300-5; РБ10-500-4 и РБ10-1000-8. Получените резултати са сравнени със справочните данни [4,5]. Тъй като паспортните данни се отнасят по-скоро до масо-габаритни размери, допълнително е определено съпротивлението на намотката на всеки един типоразмер от изследваните реактори. Изчислените стойности на загубите и на техните съпротивления са дадени в табл.1.

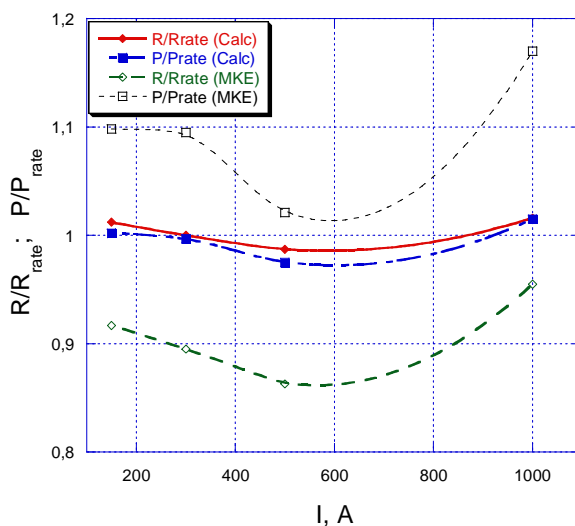
Таблица 1. Параметри на токоограничаващите реактори

Тип	Ном.ток, А	Загуби, kW	Съпр., mΩ
РБ10-150-4	150	1,9	84
РБ10-300-5	300	3,4	38
РБ10-500-4	500	3,8	15,2
РБ10-1000-8	1000	8	9

На фиг.2 са представени относителните съпротивления и относителните загуби, получени чрез прилагане на инженерна методика и на МКЕ.

Чрез използваната инженерна методика се получат резултати сравнително близки до паспортните. Относителната разлика за изчислените съпротивления на реакторите не

надвишава 1,6%, а за загубите - 2,5%. Резултатите, получени чрез МКЕ се отличават от паспортните и максималната разлика за съпротивлението и за загубите достига до 17%. Това се дължи на факта, че при математическото моделиране се използват изчислените стойности на конструктивните параметри, а не действителните параметри на реакторите. Не се отчитат загубите в изводите и присъединителната арматура. Следваща причина за възникването на сравнително голямата разлика е това, че повечето от реакторите са произведени и съответно - инсталирани в периода 1960-1985г. Специфичното съпротивление на използваните през посочения период медни проводници е от 3% до 7% по-голямо от това, използвано при създаването на симулационния модел.



Фиг.2. Токове и загуби в токоограничаващите реактори, определени чрез инженерна методика и чрез МКЕ

3. Определяне на допълнителните загуби в токоограничаващите реактори

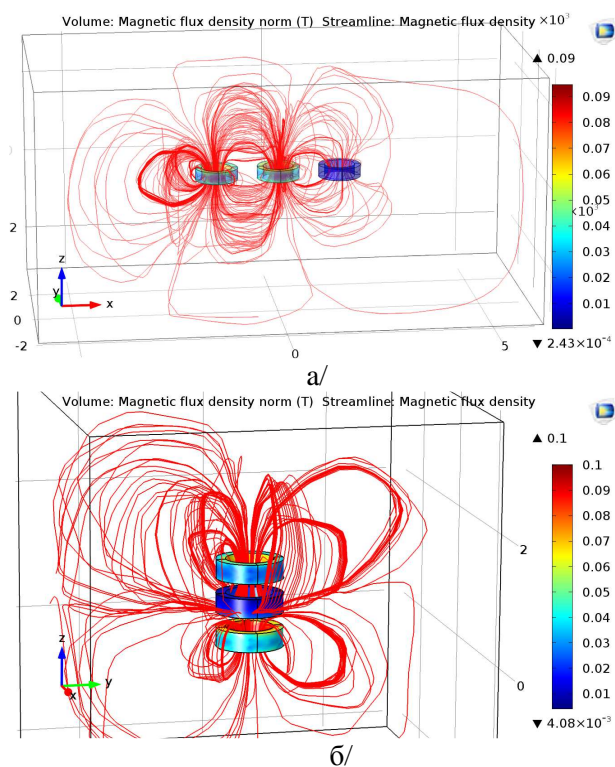
В непосредствена близост до въздушните реактори се разполагат защитни прегради, чрез които се гарантира безопасността на обслужващия персонал (фиг.3). Обикновено, това са леки метални конструкции, върху които е поставена мрежа. Разстоянието между реактора и защитните прегради се определя от номиналното напрежение на електрическата мрежа.

На фиг.4 е показано разпределението на магнитния поток на три въздушни токоограничаващи реактора от типа РБ10-150-4, с хоризонтално и вертикално разположение. В непосредствена близост до въздушните реактори се разполагат защитни прегради, чрез които се гарантира безопасността на обслужващия

персонал (фиг.2). Обикновено, това са леки метални конструкции, върху които е поставена телена мрежа.



Фиг.3. Общ вид на токоограничаващи реактори Ср.Н., използвани във вътрешнозаводска подстанция



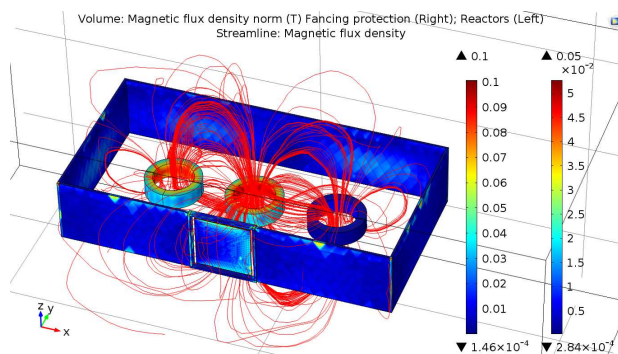
Фиг.4. Разпределение на резултантния магнитен поток около три токоограничаващи реактора с хоризонтално (а) или вертикално (б) разположение

Прави впечатление, че при вертикално разположение на реакторите, резултантният магнитен поток е съсредоточен във височина, като и в двата случая магнитната индукция не надвишава 0,1Т.

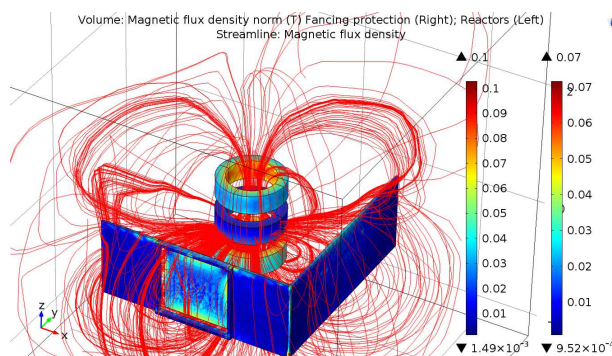
Ако около реакторите се постави защитна метална преграда, в нея се индуцират вихрови токове. Върху тяхната големина

влияние оказват разстоянието между реакторите и съоръжението, качеството на монтажа, от степента на корозия и други фактори, чието влияние е трудно за оценяване.

На фиг.5 и на фиг.6 са представени картините на магнитните полета в два често срещани случая - при хоризонтално разположени реактори и О-образна защитна преграда и вертикално разположени реактори и L-образна преграда.



Фиг.5. Разпределение на резултантния магнитен поток около три токоограничаващи реактора с хоризонтално разположение защитно съоръжение с О-образна форма

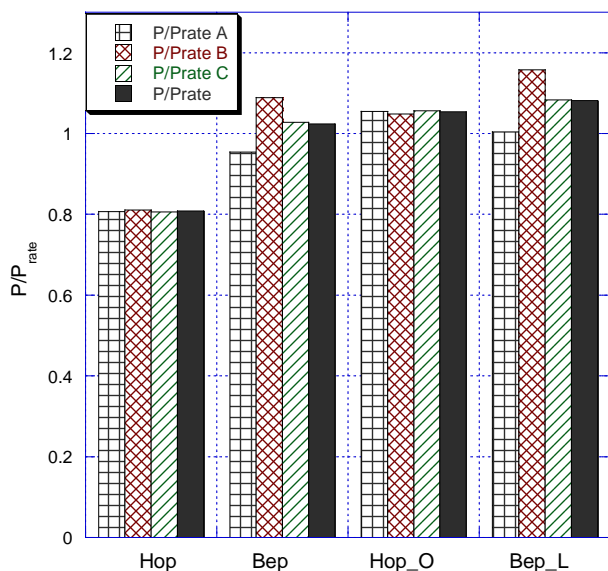


Фиг.6. Разпределение на резултантния магнитен поток около три токоограничаващи реактора с вертикално разположение и защитно съоръжение с L-образна форма

Тъй като при вертикално разположение на реакторите, магнитното поле е съсредоточено във височина, магнитната индукция предизвиква индуциране на по-големи токове в защитната преграда. Това е особено характерно за металната врата при L-образната конструкция.

На фиг.7 са дадени допълнителните загуби възникващи в токоограничаващите реактори поради използването на метални прегради. Получените стойности са приведени към определените с МКЕ загуби за единичен реактор. Редът на фазите при хоризонтално разположение е А,В,С от ляво на дясно и А,С,В

от горе надолу при вертикално разположение. Посочени са относителните загуби за трите фази поотделно и средните загуби в трите еднофазни реактора с хоризонтално разположение (означени като Хор) и същите реактори с О-образна преграда (озн. Хор_О). Установено е, че средните относителни загуби са съответно около 80,8% и 105% спрямо номиналните.



Фиг.7. Допълнителни загуби в реакторите със защитни съоръжения

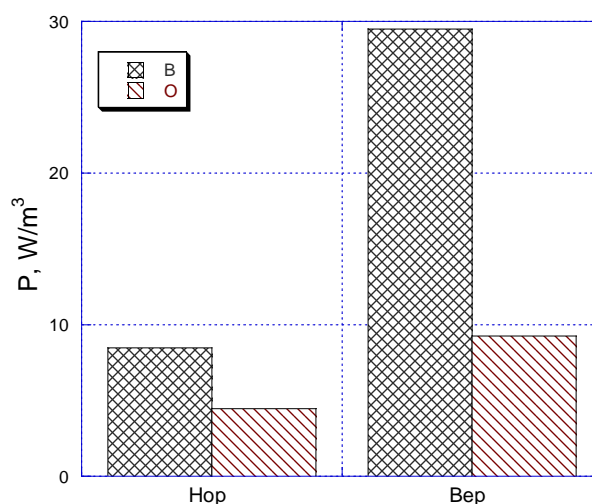
Относителните загуби в трите еднофазни реактора с вертикално разположение и загубите при същите реактори и преграда с L-образна форма (означени съответно като Вер и Вер_L) са 102,4% и 108,2% спрямо номиналните. Най-големи са загубите в реактора С (115,8% при Вер_L и 108,9% при Вер).

На фиг.8 са дадени загубите на единица площ възникващи в металната преграда (озн.с О) и във вратата (озн. с В). Общите загуби на единица площ от металната преграда при вертикално разположение на реакторите са 3 пъти по-големи отколкото при хоризонтално разположение.

Причината за увеличаване на загубите при вертикално разположение на реакторите е по-високата плътност на резултантния магнитен поток в зоната около реакторите. Това води както до нарастване на загубите в реактора, разположен в средата, така и до увеличаване на вихровите токове в металната преграда.

4. Заключение

Използвайки МКЕ е проведено изследване на влиянието на защитните метални прегради върху загубите в токоограничаващите реактори.



Фиг.8. Загуби в защитните съоръжения

Установено е, че средните загуби при вертикално разположение на три реактора превишават загубите в единичен реактор с повече от 10%. За сравнение при хоризонтално разположение на реакторите относителните загуби в един реактор нарастват с около 8%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alstom. Air Core Reactors Brochure GB.pdf
2. Александров, А., З.Гергова, В.Пиперов. (2010). *Ръководство за семинарни упражнения по електрически апарати*, стр.123-129, ТУ-София, София.
3. Стерин, В.Г., А.К.Карпенский. (1965). *Токоограничающие реакторы*, стр.85-97, Энергия, Москва.
4. Стефанов, И., и др. (1981). *Справочник на енергетика*, стр.100-237, Техника, София.
5. Федоров, А.А. (1986). *Справочник по электроснабжению и электрооборудованию*, т.1, стр.175-182, Энергоатомиздат, Москва.

Адрес
 Department of Electrical Engineering
 Technical University–Sofia, Branch Plovdiv
 25 Tsanko Dystabanov St.
 4000 Plovdiv
 BULGARIA
 E-mail: snapon_891@abv.bg
 E-mail: gganev@tu-plovdiv.bg