

**ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ ПЕРЕНАПРУГ  
В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ****Довгалоук О.М., Піротті О.Є., Шевченко С.Ю.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Україна, м. Харків*

Електричні системи містять у великій кількості елементи, здатні накопичувати електричну або магнітну енергію - ємності і індуктивності. Комбінація цих елементів становить цілий ряд коливальних контурів, тому в електричних системах і мережах є великі потенційні можливості для розвитку резонансних явищ [1, 2].

У нормальних режимах роботи ці коливальні контури зашунтовані навантаженням, тому в них неможливі істотні коливання з небезпечними амплітудами. Однак при деяких схемах перемикачів в системі, головним чином аварійних, частина коливальних контурів від'єднується від навантаження, і в них з'являється можливість виникнення вільних коливань.

Резонансні перенапруги при насиченні магнітопроводів електричних машин і трансформаторів, які мають нелінійні характеристики намагнічування, називаються ферорезонансними і є одними з найбільш небезпечних для електроустаткування і складними для аналізу видами перенапруг. Імовірність виникнення резонансних перенапруг збільшується зі збільшенням протяжності кабельних ліній і ємності мережі, штучним підтриманням підвищеної напруги в мережі з метою компенсації втрат, наявністю слабонавантажених трансформаторів, використанням в магнітних системах трансформаторів матеріалів з поліпшеними характеристиками, що підвищують їх індуктивність і шунтують ємність.

Залежно від параметрів резонансних контурів ферорезонансні перенапруги можуть виникати на основній частоті, вищих гармоніках і на субгармоніках. Як показують результати численних досліджень і досвід експлуатації промислових мереж, найбільш небезпечні ферорезонансні напруги виникають на промісловій частоті.

У мережах з ізольованою нейтраллю або дугогасним реактором ферорезонанс може виникати в повнофазних режимах роботи в мережі при наявності індуктивності з сердечником, що насичується, включеній паралельно фазній ємності мережі на землю. Такою індуктивністю часто є обмотка трансформатора напруги. Однак найбільш вірогідною схемою для розвитку ферорезонансу є неповнофазні режими, викликані обривом фазного проводу або перегоранням запобіжника, а також неодноточасним відключенням (0,04 с і більше) всіх трьох фаз комутаційним апаратом [3].

Небезпека ферорезонансу при неповнофазних режимах полягає як у високих амплітудах перенапруг, що перевищують рівень ізоляції окремого обладнання (наприклад, електродвигунів), так і в тривалості їх впливу, яке відповідає часу існування неповнофазного режиму в мережі.

Неповнофазний режим призводить до ферорезонансного перетворення однофазної напруги в трифазну. Напрямок чередування фаз при цьому може встановитися як прямий, так і зворотній. У першому випадку ферорезонанс призводить до тривалого підвищення напруги до  $2.2...2.3U_{фм}$ . При зворотньому чередуванні відбувається перекидання фази і підвищення однієї з фазних напруг до  $3.8...4.2U_{фм}$ . При цьому можливі пошкодження вентильних розрядників, нелінійних обмежувачів перенапруг і трансформаторів напруги.

Ферорезонанс в промислових мережах, як правило, виникає при замиканні фази на землю у джерела живлення при роботі трансформатора в кінці лінії з ізолюваною нейтраллю, при відключенні (обриві) однієї або двох фаз на первинній стороні трансформатора, при роботі трансформатора на холостому ході, при виникненні резонансного контуру на промисловій частоті, утвореного ємністю лінії і індуктивністю трансформатора. Режим заземлення однієї фази у джерела напруги і обриву фази з боку трансформатора зазвичай створюється при пошкодженнях проводів. Режим з роз'єднаними однією або двома фазами на первинній стороні трансформаторів виникає при спрацьовуванні запобіжників, відмові однієї або двох фаз вимикачів і при неодновременності комутації його полюсів.

При проектуванні і експлуатації мереж необхідно вживати всі заходи конструктивного і схемного характеру щодо недопущення виникнення умов, сприятливих для виникнення ферорезонансу. Слід враховувати, що відповідно до рекомендацій міжнародної електротехнічної комісії, квазістаціонарні перенапруги ферорезонансної природи не повинні впливати на вибір параметрів захисних пристроїв.

### Список використаних джерел:

1. Tugay, Y. The resonance overvoltages in EHV network. Proceedings of IEEE Sponsored Conference EPQU'09 – International Conference on Electrical Power Quality and Utilization, Poland, Lodz, September 15-17, 2009. – pp. 14-18.
2. Кузнецов В.Г., Тугай Ю.І., Кучанський В.В., Лиховид Ю.Г., Мельничук В.А. Резонансні перенапруги у несинусоїдному режимі магістральної електричної мережі / Електротехніка і Електромеханіка. – 2018. – №2. – С. 69-73.
3. Кучанський В.В. Аномальні перенапруги в магістральних електричних мережах із джерелами спотворень / Світогляд. – 2018. – №4 (72). – С. 34-39.