



ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ ГЕС НА КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНУ АПАРАТУРУ

Розглянуто основні типи заводів, які можуть вплинути на роботу контрольно-вимірювальної апаратури, що встановлюється на ГЕС. Окреслено причини виникнення проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) приладів. Зазначено, що перед встановленням нової апаратури доцільно проводити контроль електромагнітної обстановки (ЕМО) на станції. Наведено зміст робіт з оцінки ЕМО та перелік можливих захисних заходів.

Електричні процеси в високовольтному обладнанні ГЕС та її електричній підстанції є джерелами потужних електромагнітних заводів, що призводять до труднощів при впровадженні аналогової і цифрової контрольно-вимірювальної апаратури. Труднощі виникають через те, що необхідно забезпечити електромагнітну сумісність (ЕМС) апаратури з електромагнітною обстановкою (ЕМО) на станції [1–5]. Завадою зазвичай вважають будь-яке явище електромагнітної природи, здатне негативно впливати на роботу зазначених приладів.

В даній роботі представлено загальний підхід до вирішення проблем, які виникають при встановленні нової контрольно-вимірювальної апаратури на енергооб'єктах.

Як правило, ЕМО на електростанціях та підстанціях обумовлюється наступними факторами [2–6]: потенціалами на елементах пристроїв заземлення (ПЗ) при коротких замиканнях і грозових розрядах; наведеннями на інформаційні ланцюги і ланцюги живлення при грозовому розряді; імпульсними полями і перешкодами при комутаціях силового електрообладнання; високочастотними імпульсними полями і завадами при комутаціях електроустаткування малої потужності (реле, контактори, щітки електродвигунів і т.ін.); низькочастотними електричними і магнітними полями при штатних та аварійних режимах роботи силового електрообладнання; провалами, перериваннями і сплеском напруги живлення при комутації потужних споживачів та аваріях; високочастотними полями від потужних напівпровідників випрямлячів і конверторів, а також різними радіопередавачами, включаючи портативні радіостанції; електростатичними розрядами.

Вплив основних видів перешкод, діючих на електронну апаратуру на електричних станціях і підстанціях, показано на Рис. 1. і Рис. 2., де позначено: 1 — короткі замикання (КЗ); 2 — грозові розряди; 3 — перехідні режими роботи високовольтного обладнання (у тому числі ті, що викликані комутаціями); 4 — комутації електроме-

ханічних пристроїв різного призначення; 5 — штатна робота силового електрообладнання (до і вище 1 кВ); 6 — робота портативних рацій, що використовуються персоналом; 7 — електростатичний розряд.

Окремим видом перешкод є електромагнітні поля промислової частоти, які присутні в окремих точках машинного залу ГЕС і в прилеглих приміщеннях (Рис. 3).

Як відомо, протікання робочих струмів по силовим ланцюгам до і вище 1 кВ породжує, відповідно до закону Біо-Савара-Лапласа, магнітне поле. На відміну від електричного поля, створюваного, зокрема, високовольтним устаткуванням, магнітне поле промислової частоти слабо екранується будівельними конструкціями та корпусами панелей. Тому в місці розташування апаратури рівень магнітного поля може виявитися неприпустимо високим за умовами ЕМС контрольно-вимірювальної апаратури.

Приклад — рівні магнітного поля в зазначених приміщеннях можуть перевершувати рівень стійкості електронної апаратури, навіть спеціально призначеної для застосування на енергооб'єктах. Найбільший рівень поля фіксується поблизу шин генераторної напруги, а також ланцюгів збудження (Рис. 4).

Проблему ЕМС апаратури на енергооб'єктах можна вирішити двома шляхами: а) оцінити і поліпшити ЕМО на об'єкті; б) підвищити стійкість застосовуваної контрольно-вимірювальної апаратури від перешкод. При цьому потрібно враховувати, що параметри ЕМО на різних об'єктах мають великий розкид. Тому діючі норми неминуче орієнтуються на якусь "ідеалізовану" ЕМО, характерну для об'єктів без істотних дефектів. Теоретично можна виготовити апаратуру, що витримує практично будь-які можливі перешкоди, але вартість її буде непомірно висока. Тому найбільш економічним є поєднання обох підходів до вирішення проблеми ЕМС. У більшості випадків проблеми ЕМС пояснюються:

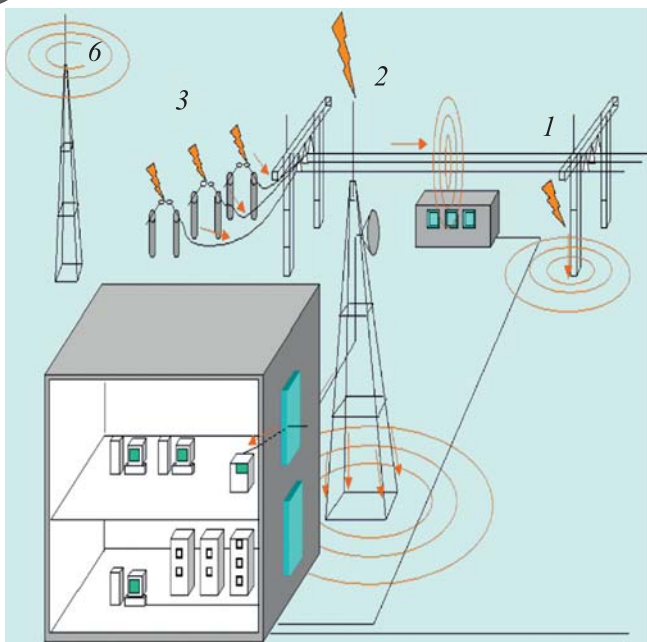


Рис. 1.

- Недостатнім опрацюванням проектних рішень в частині дотримання особливих умов ЕМС;

- Тим, що увагу до проблеми ЕМС при проектуванні енергетичних і промислових об'єктів, будівель і приміщень управління і зв'язку стали приділяти в основному лише з середини 90-х років;

- Відхиленням від проекту енергооб'єкта в ході його реалізації і наступних реконструкцій. Як приклад можна назвати прокладку непередбачених спочатку додаткових ланцюгів резервного живлення з об'єктів, з високим рівнем перешкод на пристрої заземлення, на вузли управління і зв'язку;

- Низькою якістю будівельно-монтажних робіт. Приклад — дефекти монтажу пристрою заземлення (від повної відсутності зварного з'єднання до дефекту типу "зварювання в точці" замість суцільного шва);



Рис. 3.

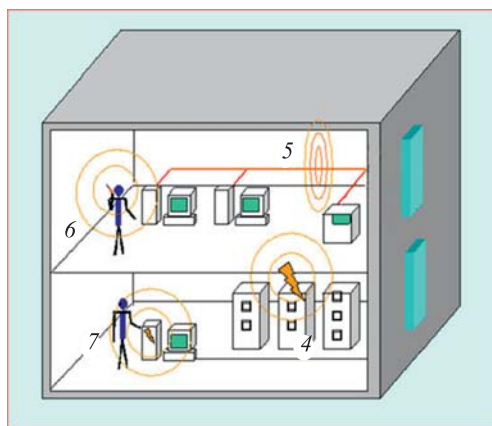


Рис. 2.

- Фізичним та моральним старінням об'єкта. Наприклад, корозія пристрою заземлення може протягом 10–20 років зробити ЕМО вкрай жорсткими через погіршення або повну втрату значної кількості зв'язків у межах зазначеного пристрою.

- Пошкодженням заземлення при земляних роботах, реконструкції тощо.

У цій ситуації доцільно проводити контроль ЕМО на енергооб'єктах перед розміщенням на них нової контрольно-вимірювальної апаратури. Бажано також періодичне проведення контролю ЕМО з метою виявлення несприятливих змін в силу старіння обладнання заземлення, реконструкцій і т.ін. Що стосується технічного змісту робіт з оцінки ЕМО, то вони (згідно сформованій практиці) повинні включати в себе наступні роботи [3, 7]:

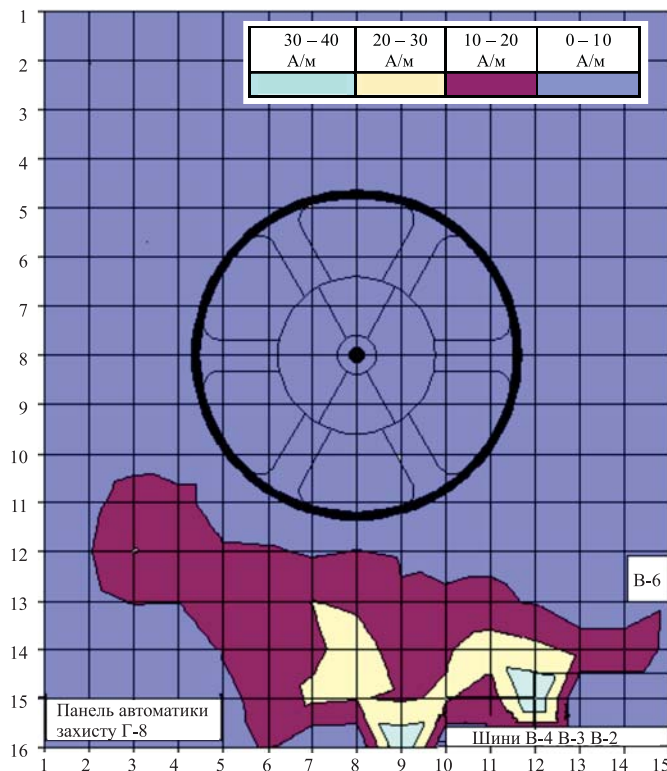


Рис. 4.



1. Оцінка стану заземлювального пристрою, включаючи заземлення засобів грозозахисту. Крім класичної процедури перевірки опору розтікання пристроїв заземлення, існує необхідність контролю якості електричних зв'язків між елементами великих пристроїв заземлення. Для цього можна використовувати методику, викладену в [3].

2. Визначення трас розтікання струмів при грозовому розряді і КЗ. Досвід аналізу причин пошкоджень апаратури і здоровий глузд підказують, що опір – не єдина характеристика заземлення. Розтікання значних струмів по металоконструкціях кабельних каналів, екранам кабелів, заземлюючим шинам в приміщеннях з апаратурою і корпусам устаткування саме по собі небезпечно. Дійсно, створювані при цьому поля і наводки можуть призводити до збоїв та відмов апаратури навіть при тому, що всі вимоги нормативних документів до опору виявляються виконаними. Тому часто виникає необхідність визначення реальних трас струмів блискавки або струмів КЗ.

3. Довготривалий моніторинг перешкод в інформаційних ланцюгах. Фіксуються постійно присутні перешкоди в широкому діапазоні частот. Крім того, проводиться моніторинг імпульсних завад, що з'являються нерегулярно. Осцилограф з приєднаним комп'ютером переводяться в режим "чорної скриньки", що дозволяє без участі оператора виявляти перешкоди, фіксувати відповідні осцилограми і записувати їх в пам'ять комп'ютера. Теоретично час проведення моніторингу не обмежено (реально, як правило, – декілька діб).

4. Оцінка якості напруги живлення від основних і резервних джерел. Визначається коефіцієнт гармонійних спотворень, при необхідності відстежується зміна діючого значення протягом доби або більше. Виконується осцилографування перемикачів на резервне живлення, що дозволяє визначити тривалість безструмової фази.

5. Оцінка рівнів електромагнітних полів. Для вимірювання полів використовуються спеціальні інтегровані прилади, антени і т.ін. Дане обладнання є досить складним і дорогим.

У ряді випадків необхідно застосування аналітичних методів. Це стосується, зокрема, визначення рівнів магнітних полів в місцях розташування апаратури, як при роботі обладнання, так і при КЗ у високовольтних мережах із заземленою нейтраллю.

Проведення зазначених робіт вимагає відомої кваліфікації персоналу та використання відносно

дорогого устаткування. Тому видається доцільним проведення таких робіт силами спеціалізованих організацій, або відділів в рамках комплексу науково-дослідних і проектних робіт з реконструкції об'єкта. Роботи повинні проводитися в тісному контакті з проектувальниками, які супроводжують загальний проект реконструкції. Зрозуміло, це призводить до деякого подорожчання проекту, що є, по суті, платою за безпеку і надійність запропонованого рішення.

Що ж стосується контролю ЕМО протягом терміну функціонування об'єкта між реконструкціями, то видається доцільним залучення до виконання цих завдань експлуатаційного персоналу. Основним завданням є виявлення раптово виниклих або прихованих проблем. При необхідності для їх повної діагностики і вирішення може бути проведено повне обстеження аналогічно тому, як це робиться при реконструкції.

За результатами оцінка ЕМО розробляються і здійснюються захисні заходи. Залежно від результатів обстеження, вони можуть включати:

1. Оптимізацію заземлювального пристрою, в тому числі:

- відновлення пошкоджених і прокладку відсутніх заземлюючих електродів з метою зниження потенціалів при КЗ і грозовому розряді;
- установка вертикальних заземлювачів для пристроїв грозозахисту і розрядників;
- приведення систем заземлення і вирівнювання потенціалів в будівлях і приміщеннях у відповідність із сучасними вимогами;
- забезпечення розтікання струму блискавки на безпечно відстань від ланцюгів живлення і зв'язку, а також місць розташування апаратури;
- розподіл заземлюючих провідників для інформаційної техніки і пристроїв, здатних нести значні перешкоди, наприклад, введів кабелів з щогл радіозв'язку;
- розрив непотрібних зв'язків (наприклад, між елементами грозозахисту і фільтрами приєднання ВЧ-зв'язку, кабельними каналами і т.ін.).

2. Забезпечення правильної прокладки вторинних ланцюгів за умовами ЕМС:

- роздільна прокладка інформаційних і силових ланцюгів;
- організація екранування (з двох- або одностороннім заземленням екранів залежно від умов на об'єкті);
- застосування інформаційних кабелів з високим ступенем симетрії ("вита пара");
- прокладка трас кабелів в обхід областей з високими рівнями електромагнітних полів;



- застосування бар'єрних заземлювачів, шин вирівнювання потенціалу і т.п.;

- використання (там, де це виправдано) оптичної розв'язки.

3. Оптимізацію систем живлення:

- розділення ланцюгів заземлення і нуля (перехід з системи TN-C на системи TN-S і TN-C-S);

- зменшення струмів витоку (дозволяє знизити рівень магнітних полів і низькочастотних наведень на кабелі зв'язку);

- установка стабілізаторів, розділових трансформаторів і пристроїв резервування живлення;

- використання вторинних джерел (ДБЖ, випрямлячів) з високою завадостійкістю;

- організація захищеної підмережі для пристроїв зв'язку, АСУ тощо (наприклад, окрема фаза через стабілізатор).

4. Встановлення пристроїв захисту від перенапруг.

Останнім часом все інтенсивніше стали застосовуватися пристрої придушення імпульсних перенапруг в ланцюгах живлення та обміну інформацією. Такі пристрої виконуються на базі силових елементів з сильно нелінійною вольт-амперною характеристикою (ВАХ): розрядників, варисторів, стабілітронів і т.ін. Нелінійний ВАХ дозволяє організувати каналізацію імпульсних перешкод за схемою "провід—провід" або "провід—земля", не дозволяючи їм досягти входів апаратури. Відзначимо, що ефективність використання таких пристроїв багато в чому визначається організацією системи заземлення.

В даний час для максимально ефективного придушення перешкод у системі живлення прийнято використовувати принцип зонного захисту. Він полягає в установці захисних пристроїв в кілька каскадів, кожен з яких розсіює деяку частину енергії імпульсу [3]. У результаті амплітуда перешкод знижується до рівнів, безпечних для апаратури, навіть тої, яка не призначалась спеціально для розміщення на енергооб'єктах.

Що ж стосується пристроїв захисту ліній зв'язку та цифрових інтерфейсів, то тут багатокаскадна структура часто реалізується в самому пристрої. Перший каскад здійснює відведення основної частини енергії імпульсу. При цьому високочастотна складова, що відповідає звичайному фронту імпульсу, проникає через перший каскад через обмежену швидкодію останнього. Ця частина шунтується швидкодіючими стабілітронами другого каскаду (час спрацьовування — близько 1–10 нс для різних модифікацій).

Результати лабораторного тестування показали високу ефективність подібних пристроїв. Так, наприклад, грозовий імпульс амплітудою 4 кВ від стандартного випробувального генератора може бути погашений практично повністю.

5. Екранування чутливої апаратури.

Іноді високий рівень магнітних полів при КЗ у високовольтній мережі становить безпосередню загрозу для апаратури. У цьому випадку зазвичай розглядаються варіанти розміщення апаратури в спеціальних екрануючих шафах. Зрозуміло, наведеними методами не вичерпується все розмаїття рішень, спрямованих на зниження рівнів перешкод, що впливають на апаратуру. Більше того, специфіка енергетичних об'єктів, як правило, така, що рівень діючих на апаратуру перешкод не може бути знижений до дуже малих значень без великих капітальних витрат. Тому для всієї мікропроцесорної апаратури, що впливає на безпеку і надійність роботи об'єкта, повинен забезпечуватися високий рівень власної стійкості до перешкод. Це передбачає проведення в рамках сертифікації та (або) експертної оцінки випробувань на ЕМС, причому зі ступенями жорсткості, що відображають специфічні вимоги.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Christopoulos Christos*. Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility. — Denver: CRC Press, 2007. — 515 p.
2. *Kostin M. K., Matveyev M. V., Ovsyannikov A., Verbin V.S., Zhivodernikov S.* Results of EMC Investigations on Russian Substations. CIGRE Publ. 36-103, 2002. — P. 1–5.
3. *Матвеев М.В.* Электромагнитная обстановка на объектах определяет ЭМС цифровой аппаратуры // Новости электротехники. — 2002. — №1–2 (13–14). Режим доступа http://www.problemaemc.narod.ru/emp_emo_emc.html.
4. *Дьяков А.Ф., Максимов Б. К., Борисов Р. К и др.* Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. — М.: Мир, 2003. — 768 с.
5. *Вагин Г. Я., Лоскутов А.Б., Севастьянов А.А.* Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. — 2 е изд., испр. — М.: Издательский центр "Академия", 2011. — 224 с.
6. *Вербин В.С.* Помехи: Обзор типов и источников электромагнитных помех, влияющих на работу электронной аппаратуры. Режим доступа: http://maximarsenev.narod.ru/Razn/Osobennosti_EMO_na_razlichnux_obektax.pdf.
7. *Тухас В. А.* Разработка методов, средств измерений и испытаний на устойчивость к кондуктивным помехам радиотехнических устройств: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора техн. наук : спец. 05.12.04 "Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения" / В. А. Тухас. — Петрозаводск, 2004. — 40 с. Режим доступа: <http://iocards.ru/index.php?section=articles&art=noises>

