

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ ЗАМКНЕНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

В.В. Козирський,

доктор техн. наук,

В.В. Каплун, доктор техн. наук,

О.В. Гай, канд. техн. наук,

В.М. Бодунов, інженер,

Національний університет
біоресурсів та
природокористування України

Вступ. Сьогодні диктує широке розповсюдження джерел розподіленої генерації (ДРГ) та поступовий перехід від централізованої системи забезпечення електричної енергії споживачів до децентралізованої. Це може привести до серйозного ускладнення існуючої системи релейного захисту та автоматики. Сучасні мікропроцесорні системи захисту при всій їх досконалості функціонують автономно і локалізують пошкоджену ділянку. Такий принцип функціонування для замкнених мереж з ДРГ є неможливим, оскільки існуючі системи захисту мереж не дозволяють провести повноцінне налаштування для замкнених мереж складної конфігурації та здебільшого при аварійній ситуації формують сигнал на відключення ДРГ від централізованої системи та переведення їх в автономний режим роботи.

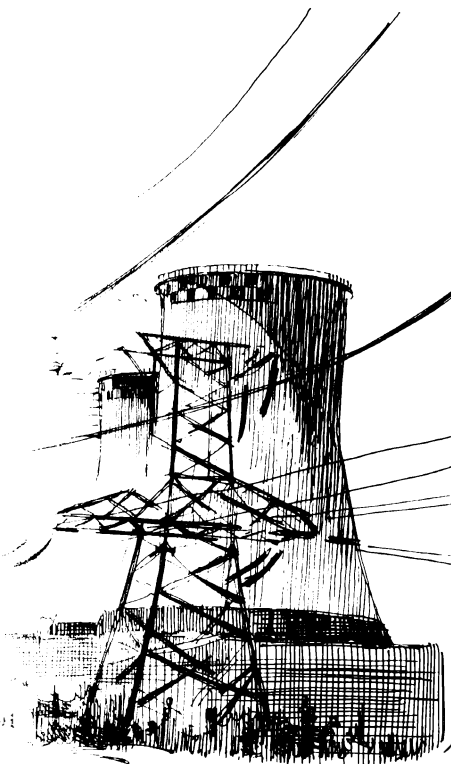
Таким чином, в замкненій електричній мережі з ДРГ, необхідно докорінно змінити підходи, що використовуються при формуванні засобів захисту та обґрунтувати раціональність інтелектуального захисту (ІЗ), який ґрунтується на інформаційних технологіях. Однією із

головних особливостей ІЗ повинно бути єдине управління режимами (нормальним та аварійним) роботи електричної мережі.

Мета роботи. Обґрунтувати доцільність формування централізованого органу управління режимами розподільних електричних мереж з використанням інтелектуальних засобів управління.

Матеріал і результати дослідження.

Вперше термін «інтелектуальна мережа» (Smart Grid) зустрівся в тексті статті одного із західних фахівців у 1998 р. [4]. У назві статті цей термін був вперше використаний Массуда Аміном і Брюсом Волленбергом в їх публікації «До інтелектуальної мережі» [5]. Перші застосування цього терміну на Заході були пов'язані з суто рекламними назвами спеціальних контролерів, призначених для управління режимом роботи та синхронізації автономних вітрогенераторів (які відрізняються нестабільними напругою і частотою) з електричною мережею. Потім, цей термін став застосовуватися, знову-таки, як суто рекламний хід, для позначення мікропро-



цесорних лічильників електроенергії, здатних самостійно накопичувати, обробляти, оцінювати інформацію і передавати її спеціальними каналами зв'язку і навіть через Інтернет. Причому, самі по собі контролери синхронізації вітрогенераторів і мікропроцесорні лічильники електроенергії були розроблені і випускалися різними фірмами ще до появи терміну Smart Grid. Ця назва виникла набагато пізніше, як суто рекламний трюк для залучення покупців і спочатку використовувалася лише в цих областях техніки. В останні роки його використання розширилося на системи збору та обробки інформації, моніторингу обладнання в електроенергетиці [6].

У цілому, інтелектуальна мережа (Smart Grid, «розумна», або активно-адаптивна мережа) являє собою розподільчу мережу, яка поєднує комплексні інструменти контролю та моніторингу, інформаційні технології та засоби комунікації, що забезпечують значно більш високу її продуктивність і дозволяють генеруючим, збутовим і комунальним компаніям надавати населенню енергію більш високої якості. Нова розподільна мережа буде ґрунтуватися на таких рішеннях [6]:

- SCADA-система для реалізації комплексного управління розподільною мережею;
- канал передачі даних (у тому числі, шляхом передачі інформації з кабельними лініями на основі PLC-технології другого покоління);
- цифрові пристрої телемеханіки та телеуправління для управління та контролю обладнання розподільних мереж.

Таким чином, інтелектуальні мережі (Smart Grid) – це реалізація двосторонніх комунікативних обмінів у цифровому форматі усіх учасників виробництва, розподілу, накопичення і споживання електроенергії.

Побудова інтелектуальної мережі має стати стратегічним

курсом розвитку розподільного електромережевого комплексу, який передбачає чотири основні сегменти вдосконалення [2]:

- силового обладнання і технології передачі і розподілу електроенергії;
- технологічного керування;
- спеціалізованих комунікаційних та інформаційних пристроїв;
- автоматизованих систем обліку та управління електроспоживанням.

Згідно з інформацією з [1] – у новій концепції Smart Grid релейний захист (РЗ) повинен бути поєднаний з функціями інформаційно-вимірювальної системи. Причиною цього є те, що, по-перше, мікропроцесорні пристрої релейного захисту (МП РЗ) проводять виміри струмів, напруг у векторній формі. По-друге, вони записують і накопичують інформацію про аварійні режими і власні спрацювання. Ця інформація може бути безпосередньо використана в майбутніх контрольно-інформаційно-вимірювальних системах Smart Grid, в яких релейному захисту будуть додані додаткові функції вимірювань, моніторингу та діагностики електрообладнання енергосистем. За прогнозами апологетів Smart Grid, МП РЗ повинні перетворитися на центри по обробці інформації, які не мають інших приєднань до інформаційних мереж, крім підключення до мережі Ethernet. Ні традиційних вхідних, ні вихідних кіл у таких МП РЗ не буде, оскільки всі компоненти Smart Grid будуть забезпечені мережевим підключенням (включаючи і високовольні вимикачі) і всі команди, включаючи й команди на відключення вимикачів, будуть передаватися у вигляді GOOSE повідомлень за стандартом IEC 61850. Що стосується вхідних кіл струму і напруги, то, за прогнозами, їх в МП РЗ взагалі не буде у зв'язку з переходом на трансформатори струму і

напруги з цифровим виходом. Передбачається, що МП РЗ буде отримувати з таких трансформаторів готову інформацію про струм і напругу в цифровій формі. Що стосується алгоритмів релейного захисту, то вони, мабуть, зазнають значних змін у зв'язку зі зміною принципів побудови електричних мереж, появою у цій мережі значного числа повністю керованих компонентів, що впливають на режими роботи мережі, наприклад, таких, як швидкодіючі компенсатори реактивної потужності, швидкодіючих струмообмежувачів пристроїв і т.д. Втім, все це лише перші кроки в області реорганізації релейного захисту. Вже сьогодні в технічній літературі цілком серйозно обговорюються питання адаптивного релейного захисту, захисту з попереджувальними функціями, багатовимірного релейного захисту, захисту з нечіткою логікою, захисту з штучним інтелектом, захисту на основі нейронних мереж і т.д. Тобто релейний захист стає незалежною від людини системою, здатною приймати рішення і здійснювати оперативні перемикання в мережах без людини.

Таким чином, впровадження інтелектуальних мереж (Smart Grid) в практику експлуатації електричних систем викличе необхідність суттєвого переосмислення принципів функціонування систем релейного захисту та автоматики.

Аналіз роботи систем РЗА проведемо ґрунтуючись на електричних розрахункових схемах, зображених на рис.1:

а) розімкнута електрична мережа, з автоматичними комутаційними апаратами (КА) на відхідних фідерах централізованої електричної системи (рис.1, а) з індивідуальним органом РЗА для кожного КА, який дозволяє вимірювати параметри режиму, аналізувати їх та робити висновки щодо комутації;

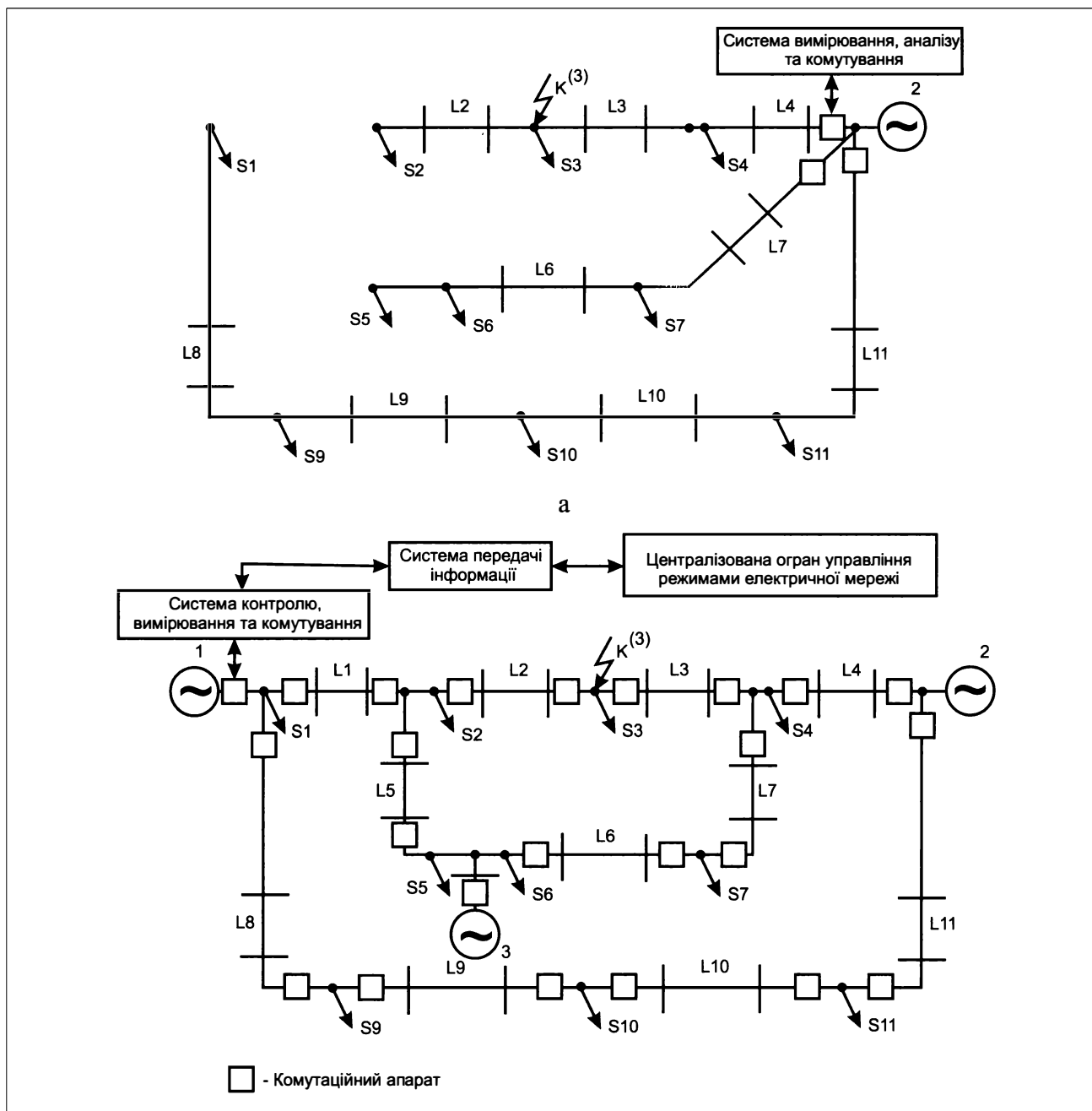


Рис. 1. Розрахункові схеми розімкненої (а) та замкнутої електричної мережі з ДРГ (б)

б) замкнена електрична мережа з ДРГ, з автоматичними комутаційними апаратами на відхідних фідерах, в точках приєднання ДРГ до електричної розподільної мережі та з реклоузерами на лініях електропередачі (рис.1, б), з індивідуальним органом контролю, вимірювання та комутування для кожного КА, але єдиним – централізованим органом управління режимами електричної мережі.

Необхідно відзначити, що 1 та 3 джерела електричної енергії – це ДРГ, потужність яких значно менша елемента 2 – централізованої системи.

Відомо, що в розподільних електричних мережах середнього класу напруги, елементи системи РЗА функціонують за децентралізованою схемою, тобто:

- відсутність єдиного центру обробки інформації системи

РЗА та керування режимом роботи електричної мережі;

- розміщення системи РЗА (рис. 1, а) в безпосередній близькості до органів управління режимами роботи електричної мережі (вимикачами, регуляторами збудження генераторів, компенсаторами реактивної потужності і т.д.)

- відсутність зв'язку між органами керування різних об'єктів системи РЗА, що знаходяться на одній території.

Такий стан речей задовольняє внаслідок відносної простоти та лінійності розподільної електричної мережі (рис.1, а). Але з ускладненням структури об'єкта дослідження та збільшення кількості органів управління (рис. 1, б) виникає нагальна потреба в перегляді принципів функціонування РЗА та в переході від децентралізованої системи до централізованої системи керування РЗА електричною мережею основними особливостями якої є:

- наявність одного єдиного органу управління в центрі обробки інформації (центрального органу управління), який аналізує режим роботи розподільної мережі та формує потік даних для керування органами управління в електричній мережі:

а) в нормальному режимі виходячи із умов балансу згенерованої та спожитої електричної енергії відбувається керування системами регулювання положення РПН у системних трансформаторів, АРЗ системних генераторів, режимом роботи ДРГ, компенсаторами реактивної потужності;

б) в аварійному режимі централізований орган управління подає команду на комутаційні апарати для усунення аварійної ситуації та формує оптимальний після аварійний режим роботи розподільної мережі;

- наявність надшвидкісного, високо захищеного та дубльованого каналу зв'язку.

У цьому випадку необхідно виділити такі переваги:

- можливість точного керування «складними» електричними мережами, які працюють за замкненою структурою та мають в своєму складі високотехнічні засоби регулювання режиму роботи (ДРГ, компенсацію реактивної потужності, РПН на трансформаторах і т.д.);

- можливість постійного моніторингу технічного стану об'єктів електричної системи та запобігання аварійних ситуацій внаслідок прогнозування;

- суттєве підвищення надійності функціонування об'єкта дослідження внаслідок зменшення кількості елементів РЗА.

Таким чином, сьогоднішня викликає необхідність формування передумов створення централізованих систем захисту електричних мереж, внаслідок суттєвого ускладнення структури електричної мережі. Але наявність інформаційного каналу керування режимами роботи накладає певні обмеження:

- інформаційний канал обов'язково повинен дублюватися;

- необхідно використовувати надсучасні системи захисту інформації;

- необхідно враховувати можливість терактів та вплив сут-

тєвих електромагнітних випромінювань внаслідок висотних ядерних вибухів.

Необхідно відзначити, що на першому етапі створення інтелектуальної, централізованої системи РЗА раціонально комбінувати її з наявною децентралізованою системою з метою забезпечення енергетичної безпеки регіону та технічно закріпити передумови переходу від складної до простішої системи внаслідок непередбачених збурень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Форум «Советы бывалого релейщика» (www.rzia.ru).
2. Егоров В., Кузнецов С. Интеллектуальные технологии в распределительном электросетевом комплексе // ЭнергоРынок. – 2010. – № 6.
3. Gellings C.W. The Smart Grid. Enabling Energy Efficiency and Demand Response. – CRC Press, 2010.
4. Janssen M.C. The Smart Grid Drivers. – PAC, June 2010, p. 77.
5. Amin S.M., Wollenberg B.F. Toward a Smart Grid. – IEEE P&E Magazine, September/October, 2005.
6. В центре Санкт-Петербурга будет построена интеллектуальная сеть. – Репортер, 6 мая 2010 (<http://newsdesk.pcmag.ru/node/24272>).