

УДК 621.327

О.Ю. Єгорова, М.В. Михалко

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З УРАХУВАННЯМ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ

Розглянуто структуру і особливості побудови сільських електричних мереж. Оцінено можливості покращення якості електроенергії на шинах сільських споживачів, шляхом підвищення надійності електропостачання. Проаналізовано вплив надійності електропостачання на якісні характеристики електроенергії. Наведені рекомендації для покращення основних показників якості.

Ключові слова: сільські електричні мережі, надійність електропостачання, показники якості електроенергії.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасне суспільство важко представити без використання електричної енергії. Вона застосовується у всіх галузях народного господарства: у промисловості, у сільському господарстві, на транспорті, у будівництві, комунальному господарстві й побуті. Для нормального електропостачання споживачів створені більші електроенергетичні системи (ЕЕС). При функціонуванні цієї складної електроенергетичної системи пред'являються підвищені вимоги до надійності електропостачання і якості електричної енергії.

Одночасно із цим триваючий процес збільшення електричних навантажень, ріст одиничних потужностей агрегатів промислових підприємств, розширення й поглиблення електрифікації технологічних процесів, автоматизації й інформатизації у свою чергу пред'являють ще більш високі вимоги до надійності електропостачання і якості електричної енергії. З іншого боку, великий обсяг дорогого енергетичного будівництва, тривалі строки будівництва висувають вимоги економії капітальних вкладень і відшукування простих і сучасних рішень по розвитку й експлуатації систем електропостачання споживачів.

Виникає необхідність узгодження цих у ряді випадків суперечливих інтересів. Оптимальні рішення можуть бути знайдені тільки при спільному розгляді питань надійності і якості при проектуванні, будівництві й експлуатації. Одним з основних питань, що виникають при цьому, є визначення оптимального співвідношення рівня надійності електропостачання і якості електроенергії.

Електроенергетика є одним з найважливіших факторів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Електрифікація цієї галузі підвищує електрооброєність праці, змінює структуру основних виробничих фондів, поглиблює спеціалізацію виробни-

цтва, знижує витрати ручної праці, змінює його зміст, є, в остаточному підсумку, не тільки виробничим, але соціальним фактором.

Аналіз останніх досліджень. До початку 2000 р. приблизно 30% ПЛ (630 тис. км) і ТП (140 тис. шт.), які забезпечували електропостачання 153000 сільських населених пунктів, підприємств агропромислового комплексу й об'єктів соціальної сфери, а також промислових підприємств, малих міст і селищ міського типу, розташованих на сільській території, відробили нормативний строк, до 2010 року ця величина складе 40%. Щорічно частка ушкоджень трансформаторів напругою 6...10/0,4 кВ становить ~ 2,5% (1300 штук), а трансформаторів напругою 35... 110 кВ ~ 1,2% від числа встановлених.

Низький рівень автоматизації розподільних мереж. У мережах 10 кВ відсутнє лінійне комутаційне електроустаткування, що утрудняє процес їхньої автоматизації. У мережах 0,4...10 кВ губиться до 12% електроенергії, при цьому значно зросли комерційні втрати.

Сільські електричні мережі складаються з ліній електропередачі напругою 35 або 110 кВ, трансформаторних підстанцій з напругами 110/35, 110/20, 110/10 або 35/6, ліній електропередачі напругою 35, 20, 10 і 6 кВ споживчих трансформаторних підстанцій 35/0,4, 20/0,4, 10/0,4 і 6/0,4 кВ і ліній напругою 0,38/0,22 кВ.

Основною системою напруг в електричних мережах сільськогосподарського призначення є система 110/35/10/0,38 кВ із підсистемами напруг 110/10/0,38 кВ і 35/10/0,38 кВ.

Надійність роботи сільської електричної мережі у великому ступені залежить від її схеми, тому що саме вона визначає можливості резервування, а також ефективність установлених у мережі комутаційних апаратів, засобів автоматики, збору, фіксації й передачі інформації про місце ушкодження. Основна вимога до схеми – забезпечення

максимального ступеня резервування при мінімальній загальній довжині ліній і при мінімальній кількості резервних зв'язків і устаткування.

Додаткова вимога до схеми мережі 35 – 110 кВ, що одержує все більший розвиток у зв'язку з наближенням цієї напруги до сільськогосподарських споживачів - створення (здійснення) резервування будь-якого споживача (трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ) від незалежного джерела живлення.

У деяких районах застосовують двоступінчасту систему розподілу 110/35/0,38, 110/20/0,38 і 110/10/0,38 кВ.

При такій трансформації на 30% знижується потреба в трансформаторній потужності, значно скорочуються втрати енергії й поліпшується якість напруги в споживача.

З розрахунків видно, що більше половини загальних витрат на електропостачання сільськогосподарських споживачів становлять витрати на розподільні лінії 6 – 10(20) і 0,38 кв. Тому по економічних міркуваннях ці лінії, як правило, споруджують повітряними, у яких 70 – 80% вартості становить вартість будівельної частини. Ефективними шляхами зниження витрат на електропостачання є скорочення довжини розподільних ліній, удосконалення методів механічного розрахунку проводів і опор, застосування нових провідникових і будматеріалів.

Основним напрямком розвитку електричних мереж сільськогосподарського призначення повинне бути переважний розвиток мереж напругою 35 ... 110 кВ.

Скорочення довжини розподільних мереж обумовило формування їх, як розгалужених радіальних.

Одним з ефективних способів підвищення надійності роботи радіальних ліній напругою 6 – 10 кВ, є автоматичне секціонування, що складається в розподілі лінії на кілька ділянок за допомогою комутаційних апаратів, що працюють автоматично.

Пункти секціонування встановлюються як на магістралі (послідовне секціонування), так і на початку відгалужень (паралельне секціонування). Ефект від автоматичного секціонування виходить за рахунок того, що при короткому замиканні (к. з.) за пунктом секціонування зберігається живлення інших споживачів, приєднаних до секціонуемого пункту [1 – 2].

Особливо ефективним виявляється секціонування з мережним резервуванням, коли ділянка лінії, що втратився основного живлення, одержує електропостачання від іншої неушкодженої лінії. При цьому більш ніж в 2 рази скорочуються перерви в електропостачанні споживачів.

У зв'язку зі зростаючими вимогами по надій-

ності електропостачання в останні роки широко застосовуються кільцювання мереж 10 кВ і двостороннє живлення підстанцій 35 і 110 кв.

Мета статті. Критичний огляд практики електропостачання сільгоспоживачів у сучасних умовах, виявлення реального взаємозв'язку між надійністю електропостачання і якістю електроенергії. Формулювання методології комплексного забезпечення надійності і якості електропостачання в розподільних мережах.

Пропозиція методики оцінки ефективності заходів, що підвищують надійність і якість електропостачання, і на цій основі формулювання й обґрунтування першочергових заходів щодо забезпечення ефективного функціонування розподільних мереж сільськогосподарського призначення в нових умовах.

Збільшені втрати напруги в довгих сільських мережах, істотні коливання навантаження, використання в більшості випадків на споживчих підстанціях трансформаторів без РПН роблять завдання регулювання напруги в сільських мережах більше складної, чим у міській. За результатами аналізу режимів напруги й електроспоживання для забезпечення необхідного режиму напруги на затискачах споживачів можуть бути використані наступні способи:

- регулювання напруги на шинах центра живлення;
- зміна опору окремих елементів мережі;
- зміна величини реактивної потужності, що протікає по окремих ділянках мережі;
- зміна коефіцієнта трансформації регульованих під навантаженням (із пристроями РПН) і нерегульованих (із ПБВ) трансформаторів, автотрансформаторів і лінійних регуляторів на ділянці центр живлення – електроприймач [3 – 7].

Основний розділ

Зменшення опору окремих елементів мережі може бути досягнуто збільшенням перетину проводів і жив кабелів, об'єднанням на паралельну роботу

силових трансформаторів, застосуванням установок поздовжньої ємнісної компенсації (УПК). Збільшення перетину жив проводів і кабелів вимагає більших капітальних вкладень і практично здійсненне лише при реконструкції системи електропостачання.

Включення на паралельну роботу силових трансформаторів веде до підвищення струмів короткого замикання, внаслідок чого необхідне ускладнення системи комутаційної апаратури, що також пов'язане з більшими додатковими капітальними витратами, у цей час важко здійсненне через обмеження комутаційної здатності встанов-

лених апаратів.

Зниження втрат напруги в мережі може бути отримане шляхом зменшення сумарного індуктивного опору, що досягає включенням послідовно з опором навантаження ємнісного опору – поздовжньої ємнісної компенсації.

Установка поздовжньої ємнісної компенсації створює змінну добавку напруги, що пропорційно залежить від модуля й аргументу струму навантаження, тобто має параметричний спосіб регулювання напруги. Це визначає ефективність застосування УПК при різких коливаннях навантаження, частих включеннях потужних двигунів з більшими пусковими струмами.

Разом з тим, послідовне включення в мережу конденсаторів у певних режимах може приводити до виникнення в системі електропостачання небажаних резонансних явищ: самозбудження й саморозгойдування електродвигунів, особливо в пускових режимах, субгармонійні й ферорезонансні коливання.

Зменшення сумарного реактивного опору ланцюга живлення, що досягає введенням УПК, корисне в робочих режимах, в аварійних режимах приводить до різкого збільшення струмів короткого замикання, при цьому напруга на конденсаторних батареях значно підвищується й може істотно знизити термін служби конденсаторів. Звичайні іскрові розрядники, застосовувані для їхнього захисту, виявляються малоефективними, а розроблені останнім часом тиристорні схеми захисту вимагають значних капітальних витрат. Тому питання про застосування поздовжньої компенсації в системі електропостачання господарств вимагає детального пророблення.

Для практичного виконання заходів щодо регулювання напруги на живильних підстанціях і окремих сільськогосподарських об'єктах більше прийнятні установки поперечної ємнісної компенсації, які дозволяють зменшити величину реактивної потужності, що протікає по окремих ділянках мережі, і тим самим знизити в них спадання напруги.

Розв'язувана в даній роботі завдання комплексної оцінки надійності електропостачання і якості електроенергії в сільських розподільних мережах досить специфічна й, фактично, ставиться вперше.

Розв'язуване завдання можна розділити на три етапи:

1. Оцінка ймовірностей (відносних тривалостей) можливих станів (нормальних, ремонтних, і аварійних) кожної з живильних магістралей.

2. Розрахунок і оптимізація кожного зі станів, певних на першому етапі.

3. За результатами обчислень на етапах 1 і 2 – розрахунок показників надійного і якісного елект-

ропостачання споживачів.

Для виконання розрахунків потрібні наступні вихідні дані:

1) розрахункова схема живильної магістралі з відпайками й параметрами трансформаторних підстанцій;

2) навантаження у вузлах споживання;

3) показники надійності (імовірність аварійного простою й відносна тривалість простою в планових ремонтах) кожного елемента розрахункової схеми: ЛЕП, трансформаторів, реакторів, УПК, комутаційних апаратів і т.д.;

4) електричні параметри (опору й провідності, номінальні потужності) всіх елементів розрахункової схеми;

5) регульовальні можливості по зміні коефіцієнта трансформації трансформаторів;

6) діапазони зміни напруги на шинах центра живлення.

У цілому, для підвищення надійності встаткування підстанцій і ліній електропередачі рекомендуються наступні способи й засоби:

- розширення й розчищення трас;
- удосконалювання комутаційного встаткування;
- телесигналізація й телекерування комутаційними апаратами;
- посилення механічної міцності ВЛ;
- секціонування ліній;
- застосування конструкцій, що запобігають вібрації, схлюстання проводів і розкрадання електроенергії;
- резервування ліній і встаткування;
- підвищення кваліфікації ремонтного й чергового експлуатаційного персоналу;
- вибір оптимальної стратегії й контроль строків проведення ремонтів всіх видів (по можливості автоматизований);
- застосування систем автоматичних підказок оперативному персоналу при виникненні позаштатних ситуацій.

Для підвищення якості електричної енергії рекомендуються наступні способи й засоби:

- розвиток електричних мереж з випередженням росту навантажень;
- підтримка оптимального навантаження трансформаторів;
- своєчасне збільшення перетину проводів;
- перехід ліній на наступний клас напруг;
- зменшення відхилень напруги від номінального рівня.

Висновки

Проаналізувавши всю сукупність мір, що рекомендують, наявні фінансові можливості мережної компанії й доступних засобів підвищення на-

дійності і якості електропостачання, пропонується як першочергові міри запропонувати підтримуючі заходи.

1. Оснащення мереж 10 кВ устаткуванням нового покоління, запобіжниками – роз'єднувачами вихлопного типу ПРВТ-10 виробництва Великолукського заводу, які призначені для захисту силових трансформаторів і розподільних мереж від коротких замикань і перевантажень, а також відключення – відключення – вмикання – відключення ділянок електричного ланцюга з відключеним навантаженням за допомогою оперативної штанги.

2. Установку на лініях електропередачі розподільної мережі пристроїв поздовжньої компенсації (УПК) з метою підвищення пропускної здатності ЛЕП, зниження втрат потужності й напруги.

3. Широке застосування при профілактичних оглядах і технічному обслуговуванні тепловизионного контролю елементів ЛЕП і встаткування підстанцій.

Список літератури

1. Ковалев Г.Ф. Методика комплексной оценки надежности электроснабжения и качества электроэнергии в сельских распределительных сетях / Г.Ф. Ковалев, Д. Чернов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2009. – №1-2. – С. 125-129.

2. Наумов И.В. Состояние сельской энергетики на современном этапе на примере Жигаловского района Иркутской области / И.В. Наумов, Д.В. Чернов // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2009. – № 1. – С. 185-190.

3. Ковалев Г.Ф. Взаимосвязь надежности электроснабжения и качества электрической энергии / Г.Ф. Ковалев, Д.В. Чернов // Мат-лы научн.-пр. конф., посвященной 50-летию аспирантуры ИргСХА. Ч. 1. – Иркутск: Изд-во ИргСХА, 2003. – С. 43-44.

4. Чернов Д.В. Взаимосвязь показателей качества электрической энергии и надежности электроснабжения / Д.В. Чернов, Г.Ф. Ковалев // Мат-лы научн.-пр. конф., посвященной 70-летию образования ИргСХА. – Иркутск: ИргСХА, 2004. – С. 21-23.

5. Ковалев Г.Ф. Оценка качества электрической энергии при различных уровнях надежности схем электроснабжения / Г.Ф. Ковалев, Д.В. Чернов // Мат-лы научн.-пр. конф. «Актуальные проблемы АПК». – Иркутск: ИргСХА, 2005. – С. 71-72.

6. Ковалев Г.Ф. Взаимосвязь надежности электроснабжения и качества электроэнергии для сельских потребителей на современном этапе / Г.Ф. Ковалев, И.В. Наумов, Д.В. Чернов // Труды 3-й Международн. научн.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – М., 2003. – С. 157-161.

7. Чернов Д.В. Состояние электроснабжения сельских районов на примере Восточных электросетей Иркутской области / Д.В. Чернов // Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН «Системные исследования в энергетике». – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2006. – С. 105-111.

Надійшла до редколегії 5.05.2011

Рецензент: канд. техн. наук, доц. І.В. Пантелеева, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

КОМПЛЕКСНА С ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

О.Ю. Егорова, М.В. Михалко

Рассмотрена структура и особенности построения сельских электрических сетей. Оценены возможности улучшения качества электроэнергии на шинах сельских потребителей, путем повышения надежности электроснабжения. Проанализировано влияние надежности электроснабжения на качественные характеристики электроэнергии. Приведены рекомендации для улучшения основных показателей качества.

Ключевые слова: сельские электрические сети, надежность электроснабжения, показатели качества электроэнергии.

COMPLEX ESTIMATION OF QUALITY OF ELECTRIC POWER TAKING INTO ACCOUNT RELIABILITY OF POWER SUPPLY IN THE RURAL ELECTRIC SYSTEMS

O.Yu. Egorova, M.V. Mikhalko

A structure and features of construction of rural electric networks is considered. Possibilities of improvement of quality of electric power are appraised on the tires of rural users, by the increase of reliability of power supply. Influencing of reliability of power supply on high-quality descriptions of electric power is analysed. Resulted recommendations for the improvement of basic indexes of quality.

Keywords: rural electric networks, reliability of power supply, indexes of quality of electric power.