

Аналіз застосування методики оцінки технічного стану розподільних мереж

І. М. Трунова

Навчально-науковий інститут енергетики та комп'ютерних технологій
ХНТУСГ імені Петра Василенка
Україна
E-mail: omiroshnyk@ukr.net

О. О. Мірошник

Навчально-науковий інститут енергетики та комп'ютерних технологій
ХНТУСГ імені Петра Василенка
Україна
E-mail: omiroshnyk@ukr.net

В. Г. Пазій

Навчально-науковий інститут енергетики та комп'ютерних технологій
ХНТУСГ імені Петра Василенка
Україна
E-mail: omiroshnyk@ukr.net

Анотація – В статті розглядаються питання практичного застосування методики оцінки технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі. В її основі – фіксація експлуатаційним персоналом дефектів обладнання об'єктів розподільних мереж (повітряних ліній та трансформаторних підстанцій). При цьому, не завжди до листка огляду заносяться усі дефекти з рекомендованого для фіксації переліку, а лише ті, що вимагають усунення негайно. Відповідно, виникає необхідність визначення, на скільки це може вплинути на результат подальшого аналізу технічного стану розподільних мереж.

Так як розрахунки якісної та кількісної оцінки технічного стану розподільних мереж базуються на обробці великого масиву даних оглядів енергетичного обладнання та є досить трудомісткими, то це вимагає застосування комп'ютерних технологій. Тому були розроблені блок-схеми алгоритмів якісної та кількісної оцінки технічного стану об'єктів розподільних мереж (повітряних ліній електропередачі та трансформаторних підстанцій). Використовуючи блок-схеми алгоритмів розрахунків, розроблені комп'ютерні програми оцінки технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі. Вони дозволили проаналізувати можливі похибки в розрахунках при різних варіантах дій експлуатаційного персоналу.

Були отримані результати досліджень, які дозволяють зробити висновок, що дії експлуатаційного персоналу в процесі створення масиву даних щодо дефектів обладнання об'єктів розподільних мереж є суттєвим фактором впливу на кінцевий результат аналізу технічного стану розподільних мереж.

Ключові слова – аналіз технічного стану; розподільні мережі; фіксація дефектів.

І. ВСТУП

Надійність електропостачання та якість електричної енергії (основні технічні показники якості електропостачання) в значній мірі залежать від технічного стану об'єктів розподільних мереж, від якості технічної експлуатації обладнання, яку виконують відповідні служби підрозділів Операторів систем розподілу (ОСР).

В [1] запропоновано використання однофакторного дисперсійного аналізу баз даних щодо середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні для визначення підрозділів із системними недоліками в обслуговуванні обладнання розподільних мереж для наступного більш поглибленого аналізу причин цього та розробки відповідних заходів.

Однією з причин неналежної якості технічної експлуатації обладнання розподільних мереж може бути недосконала організація обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж.

Для підтримання розподільних мереж в належному технічному стані необхідний постійний моніторинг та аналіз інформації щодо наявності дефектів обладнання.

Експлуатаційні та інженерно-технічні служби ОСР у фаховій діяльності використовують «Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ з повітряними лініями електропередачі» (СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005) [2].

Відповідно до рекомендацій цього стандарту алгоритм розрахунків передбачає якісну та кількісну оцінку технічного стану розподільних мереж. Якісна оцінка – це визначення в якому з чотирьох варіантів (доброму, задовільному, незадовільному, непридатному) технічному стані знаходяться об'єкти розподільних мереж, а кількісна – прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж.

За результатами цих оцінок складається щорічна форма звітності 56-енерго до Державної інспекції енергетичного нагляду України та до Головного інформаційно - обчислювального центру (ГІОЦ) Міністерства енергетики та вугільної промисловості України [3].

В [4] відмічалось, що звітність за формою 56-енерго не завжди є достовірною, що в деякій мірі виправляється перевітками Держенергонагляду. Однак, з впровадженням стандартів якості електропостачання, а в подальшому і RAB-регулювання, ОСР стає зацікавленим у якісному аналізі технічного стану розподільних мереж.

Використання методики оцінки технічного стану та прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж має за мету, насамперед, визначити обсяги робіт з технічного обслуговування (ТО), ремонтів, модернізації та реконструкції відповідних систем електропостачання. При цьому, якщо висновки щодо технічного стану розподільних мереж будуть неправильними, то це може викликати зниження надійності електропостачання, погіршення якості електричної енергії та виникнення небезпечних ситуацій.

Тому аналіз практичного використання методики оцінки технічного стану та прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж з розробкою рекомендацій з усунення виявлених недоліків є актуальним.

В [5,6] обґрунтовувалася необхідність вдосконалення чинної в Україні методики оцінки технічного стану та прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж [2] внаслідок виявлених недоліків (таких як, наприклад, пропущені деякі коди дефектів, недостатня довідникова база методичних вказівок тощо). Однак, не була акцентована увага на різних варіантах дій експлуатаційного персоналу під час фіксування дефектів обладнання розподільних мереж та не прораховані відповідні варіанти кінцевого результату аналізу технічного стану розподільних мереж.

Деякі з вказаних у [5,6] зауважень та рекомендацій були враховані в [7], де рекомендувалося також для зменшення трудомісткості розрахунків, що пов'язані з визначенням коефіцієнтів дефектності, якісною та кількісною оцінкою технічного стану обладнання розподільних мереж використання комп'ютерних технологій, зокрема електронних таблиць Microsoft Excel (якими на сьогодні вже користуються інженерно-технічні відділи ОСР для складання відповідної звітності). Однак, не були розроблені блок-схеми алгоритмів розрахунків, які дозволятимуть використовувати для програмування будь-які алгоритмічні мови.

Метою даної роботи є розробка рекомендацій для підвищення ефективності використання методики оцінки технічного стану та прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж.

А. Розробка блок-схем алгоритмів розрахунків

Використання блок-схем алгоритмів розрахунків спрощує розробку комп'ютерних програм, зокрема, для проведення практичних розрахунків якісної та кількісної оцінки технічного стану розподільних мереж.

На рисунку 1 приведена для прикладу розроблена блок-схема алгоритму визначення якісної оцінки технічного стану повітряних ліній (ПЛ) електропередачі напругою 6-20 кВ на основі розрахунку коефіцієнту дефектності (КДВ).

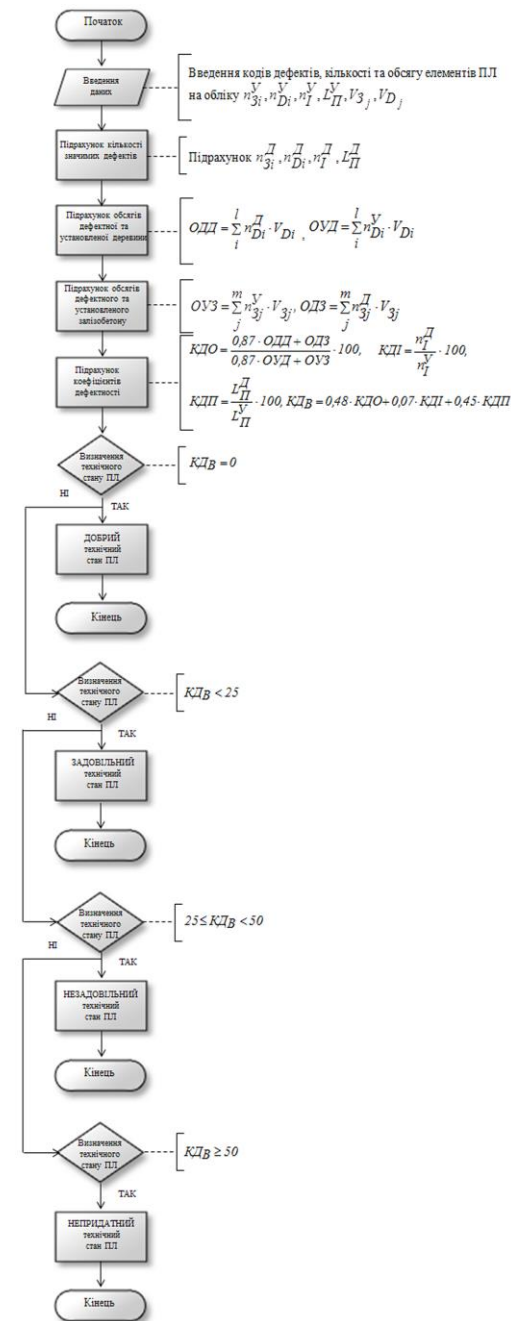


Fig. 1. Приклад блок-схеми алгоритму розрахунку якісної оцінки технічного стану ПЛ напругою 6-20 кВ

На Fig. 1 використовуються такі умовні позначення згідно [1]:

«ОДД, ОДЗ - об'єм відповідно дефектної енергодеревини та дефектного залізобетону опор ПЛ, що знаходиться в експлуатації станом на 31 грудня звітного року, м³;

ОУД, ОУЗ - об'єм відповідно установленної енергодеревини та установленного залізобетону опор ПЛ, що знаходиться в експлуатації станом на 31 грудня звітного року, м³;

n_{Di}^D , n_{3j}^D - відповідно кількість дефектних дерев'яних (i) і залізобетонних (j) елементів опор ПЛ, зареєстрованих на ПЛ станом на 31 грудня звітного року, шт.;

n_{Di}^Y , n_{3j}^Y - відповідно кількість установлених дерев'яних (i) і залізобетонних (j) елементів опор ПЛ на даній ПЛ станом на 31 грудня звітного року, шт.;

l і m - кількість дерев'яних і залізобетонних елементів у опорах ПЛ відповідно;

V_{Di} , V_{3j} - розрахунковий об'єм одного відповідно дерев'яного та залізобетонного елемента опор ПЛ, м³;

L_{Pi}^D - довжина дефектних проводів ПЛ, зареєстрованих на даній ПЛ станом на 31 грудня звітного року, км.;

L_{Pi}^Y - довжина встановлених проводів ПЛ, що знаходяться в експлуатації на даній ПЛ станом на 31 грудня звітного року, км.;

n_I^D , n_I^Y - кількість відповідно дефектних ізоляторів ПЛ напругою 6-20 кВ, зареєстрованих на даній ПЛ станом на 31 грудня звітного року, та

установлених ізоляторів ПЛ напругою 6-20 кВ, що знаходяться в експлуатації на даній ПЛ станом на 31 грудня звітного року, шт.».

Для подальшого аналізу з використанням комп'ютерних технологій були розроблені блок-схеми алгоритмів розрахунку якісної та кількісної оцінки технічного стану об'єктів розподільних мереж: ПЛ напругою 6-20 кВ; ПЛ напругою 0,38 кВ; споживчих трансформаторних підстанцій.

В. Аналіз практичного застосування методики якісної оцінки технічного стану розподільних мереж

Результати аналізу практичного застосування методики якісної оцінки технічного стану розподільних мереж приведемо на прикладі якісної оцінки технічного стану ПЛ напругою 10 кВ.

Для якісної оцінки технічного стану опор ПЛ в «Методичних вказівках...» [2] рекомендується враховувати дефекти, наявність яких потребує заміни дефектного елемента. Але в «Методичних вказівках...» [2] стосовно ізоляторів та проводів таких рекомендацій немає, тобто, можливо, слід враховувати усі коди дефектів ізоляторів та проводів.

Аналізувалися два варіанти: 1 варіант – коли підраховуються тільки ті дефекти, наявність яких передбачає заміну дефектного елемента, 2 варіант – для опор так само, а для ізоляторів та проводів враховуються усі замічені дефекти.

В таблиці 1 приведений результат розрахунку в електронних таблицях Microsoft Excel для 2 варіантів, що розглядаються. При цьому, як бачимо, КДв відрізняється на 58 %. Тобто така невизначеність рекомендацій «Методичних вказівок...» [2] стосовно врахування дефектів ізоляторів та проводів щодо того враховувати усі наявні дефекти або тільки ті, що потребують заміни дефектного елемента, може призвести до значної похибки.

TABLE 1. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ КОЕФІЦІЄНТІВ ДЕФЕКТНОСТІ ПЛ НАПРУГОЮ 10 кВ ДЛЯ ДВОХ ВАРІАНТІВ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Якісна оцінка технічного стану ПЛ напругою 10 кВ	ОДД, м ³	ОДЗ, м ³	ОУД, м ³	ОУЗ, м ³	КДО, %	КДІ, %	КДП, %	КДв, %	Технічний стан
1 варіант	1,60	2,15	30,98	34,13	5,80	0,95	2,86	4,14	Задовільний
2 варіант	1,60	2,15	30,98	34,13	5,80	1,59	15,24	9,75	Задовільний

С. Аналіз практичного застосування методики прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж

Прогнозування відмов об'єктів розподільних мереж відбувається шляхом кількісної оцінки – визначення кількості можливих відмов об'єктів розподільних мереж у наступному році на основі бази даних зафіксованих дефектів за рекомендаціями «Методичних вказівок...» [2].

Аналіз вказаної методики показав, що тільки перелік характерних дефектів складає 250 одиниць. Якщо електромонтер, який проводить огляд об'єктів розподільних мереж використовує мобільний пристрій

з автоматичним визначенням точки огляду, зі зручним інтерфейсом для вибору характерного дефекту, з автоматичним формуванням листка огляду та з передачею його інформації до електронного журналу дефектів, то велика кількість характерних дефектів тільки підвищує якість технічного огляду та наступного аналізу цих даних. Відповідні пристрої використовуються в системах автоматизованого керування технологічними процесами підприємства.

Однак, як відмічалось в [5], такі мобільні пристрої майже не використовуються експлуатаційними службами ОСР, так як потребують додаткових витрат на їх придбання. Таким чином, електромонтер, що

проводить огляд об'єктів розподільних мереж не завжди фіксує усі дефекти, які є в наявності. За відгуками фахівців експлуатаційних служб ОСР, які проходять підвищення кваліфікації в ННІ ЕКТ ХНТУСГ імені Петра Василенка і з якими була можливість поспілкуватися на цю тему, як правило, фіксуються найбільш значимі дефекти з точки зору негативного розвитку подій. Насамперед, це стосується тих дефектів, напроти яких в «Методичних вказівках...» [2] стоїть позначка щодо негайного усунення такого дефекту (*).

Проведемо практичні дослідження яким чином це впливає на кінцевий результат кількісної оцінки технічного стану розподільних мереж на прикладі ПЛ напругою 10 кВ для двох варіантів: 1 варіант, коли фіксуються усі дефекти з переліку, що приведений у «Методичних вказівках...» [2], 2 варіант – коли фіксуються лише ті дефекти, які необхідно усунути негайно. Результати розрахунків приведені у Таблиці II.

TABLE II. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПЛ НАПРУГОЮ 10 КВ ДЛЯ ДВОХ ВАРІАНТІВ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Код дефекту	Кількість дефектів $\Delta_{ПЛj}$, шт.		$\Delta_{ПЛj}$, відкл/рік	$\Delta_{ПЛj}$, відкл/рік	
	1 варіант	2 варіант		1 варіант	2 варіант
T10*	1	1	0,5	0,5	0,5
T20*	1	1	0,9	0,9	0,9
T30	1	0	0,2	0,2	0
T41	1	0	0,5	0,5	0
T42	1	0	0,2	0,2	0
T43	1	0	0,3	0,3	0
T44	1	0	0,1	0,1	0
T50	1	0	0,5	0,5	0
T60	1	0	0,2	0,2	0
T71	1	0	0,1	0,1	0
T72	1	0	0,2	0,2	0
T74	1	0	0,3	0,3	0
T75	1	0	0,7	0,7	0
K11	1	0	0,3	0,3	0
K12	1	0	0,2	0,2	0
K13	1	0	0,2	0,2	0
K14	1	0	0,2	0,2	0
K21	1	0	0,2	0,2	0
K22	1	0	0,2	0,2	0
K23	1	0	0,1	0,1	0
K24	1	0	0,2	0,2	0
K31	1	0	0,2	0,2	0
K41*	1	1	0,5	0,5	0,5
Всього:	80	21	Всього:	38,5	15,4

В таблиці II використовуються такі умовні позначення згідно [1]:

$\Delta_{ПЛj}$ - кількість проявів і-го дефекту на j-ої ПЛ, шт.;

$\Delta_{ПЛj}$ - число ймовірних відключень j-ої ПЛ від прояву одного і-го дефекту, відкл/рік;

$\Delta_{ПЛj}$ - число ймовірних відключень j-ї ПЛ, відкл/рік.

Приклад, що розглядається, умовний, так як було прийнято, що фіксуються усі означені дефекти по одному на ПЛ, що розглядається. В реальності може бути по декілька дефектів або жодного дефекту одного типу, так як виникнення дефекту є випадковим процесом.

Як бачимо у підсумку, якщо фіксувалися тільки дефекти, які необхідно негайно усунути, то це змінило результат кількісної оцінки в 2,5 рази в бік зменшення для даного умовного прикладу.

Також можна проаналізувати, яким чином змінюватиметься результат розрахунку, якщо фіксувати, наприклад, лише дефекти з ймовірністю відмови об'єкта на рік ($Q(t)$) при наявності такого дефекту більше, ніж 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9.

В Таблиці III приведені результати розрахунків за умови, що були зафіксовані усі дефекти з переліку характерних дефектів ПЛ напругою 10 кВ по одному разу (умовний приклад).

TABLE III. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПЛ НАПРУГОЮ 6-20 КВ ДЛЯ ДВОХ ВАРІАНТІВ ВИХІДНИХ ДАНИХ

Варіант	Фіксуються дефекти	$\Delta_{ПЛj}$, відкл/рік	% по відношенню до 1 варіанту
1	усі	38,5	100
2	з $Q(t)>0,1$	37,5	97,4
3	з $Q(t)>0,2$	33,9	88,1
4	з $Q(t)>0,3$	32,1	83,4
5	з $Q(t)>0,4$	29,3	76,1
6	з $Q(t)>0,5$	26,3	68,3
7	з $Q(t)>0,6$	22,1	57,4
8	з $Q(t)>0,7$	17,9	46,5
9	з $Q(t)>0,8$	9,9	25,7
10	з $Q(t)>0,9$	9	23,4
11	які необхідно негайно усунути	15,4	40,0

На Fig. 2 дані Таблиці III приведені у графічному вигляді.

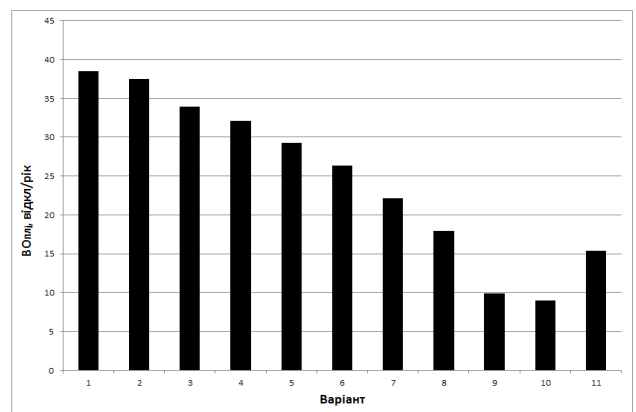


Fig. 2. Число ймовірних відключень j-ї ПЛ, відкл/рік при різних варіантах фіксації дефектів ПЛ

III. ВИСНОВКИ

Проведений аналіз практичного застосування методики оцінки технічного стану та прогнозування відмов розподільних мереж показав, що невизначеність рекомендацій чинних «Методичних вказівок...» [2] щодо обліку дефектних ізоляторів та проводів стосовно того фіксувати усі наявні дефекти або тільки ті, що потребують заміни дефектного елемента, може призвести до значної похибки якісної оцінки (в прикладі, що розглядався, 58%).

Прораховані варіанти показали, що при фіксації тільки дефектів, які необхідно негайно усунути, значно змінюється результат і кількісної оцінки (в розглянутому прикладі в 2,5 рази в бік зменшення порівняно з варіантом, коли фіксуються усі дефекти).

Можна стверджувати, що кінцевий результат аналізу технічного стану розподільних мереж з повітряними лініями електропередачі напругою 0,38-20 кВ суттєво залежить від суб'єктивного фактора. Тому для підвищення якості процесу обліку дефектних елементів об'єктів розподільних мереж слід використовувати мобільні пристрої з переліком характерних дефектів та відповідним програмним забезпеченням, що дозволяє зробити процес фіксації дефектів обладнання під час його технічного огляду зручним для виконавця.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] P. Komada, I. Trunova, O. Miroshnyk, O. Savchenko, T. Shchur, "The incentive scheme for maintaining or improving power supply quality | [System zachęt do utrzymania lub poprawy jakości Zasilania]," (in Poland), *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 5, pp. 79-82, 2019.
- [2] Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільчих мереж напругою 0,38—20 кВ з повітряними лініями електропередачі, СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005.
- [3] Перелік форм відомчої статистики. Офіційний сайт Мінпалівернерго України. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=242467&cat_id=242403
- [4] Ю. В. Чернецька, А. І. Замулко, "Система моніторингу технічного стану розподільчих електричних мереж," *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит.* № 9(91), С. 28-37, 2011.
- [5] І. М. Трунова, О. М. Мороз, "Досвід розробки та впровадження курсових тестових завдань з технічної експлуатації енергетичного обладнання," *Збірник наукових праць УПА "Проблеми інженерно-педагогічної освіти"*, № 48-49, С.278-285, 2015.
- [6] І. М. Трунова, "Аналіз практики оцінювання технічного стану розподільних мереж," *Збірник праць V Міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми сучасної енергетики та автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)"*, Київ, Україна, 2016.
- [7] І. М. Трунова, О. А. Савченко, В. Г. Пазій, "Практикум з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі," *Фінарт*, Харків, Україна, 2016.

Analysis of the application of methods for evaluation of technical state of distribution networks

I. Trunova

Educational Research Institute of Energy and Computer Technology
Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University
of Agriculture
Ukraine

O. Miroshnyk

Educational Research Institute of Energy and Computer Technology
Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University
of Agriculture
Ukraine

V. Pazy

Educational Research Institute of Energy and Computer Technology
Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture
Ukraine

The article deals with the issues of practical application of the technique of estimation of the technical state of distribution networks with voltage 0,38-20 kV with overhead transmission lines. It is based on the fixing by the operating personnel of defects in the equipment of distribution network objects (overhead lines and transformer substations). However, not all defects from the recommended list for fixing the list are listed always, but only those that require immediate removal. Accordingly, there is a need to determine how much this may affect the result of further analysis of the technical state of distribution networks.

Since the calculations of the qualitative and quantitative assessment of the technical state of distribution networks are based on the processing of a large body of power equipment inspection data and are quite time-consuming, it requires the use of computer technologies. Therefore, block diagrams of the algorithms of qualitative and quantitative assessment of the technical state of the objects of distribution networks (overhead transmission lines and transformer substations) were developed. Using the flowcharts of the calculation algorithms, computer programs for estimating the technical state of distribution networks 0.38-20 kV with overhead transmission lines have been developed. They made it possible to analyze possible errors in the calculations for different variants of operations of the operating personnel.

Research results have been obtained that conclude that the actions of the operating personnel in the process of creating an array of data on defects in the equipment of distribution network facilities are a significant factor in influencing the final result of the analysis of the technical state of the distribution networks.

Keywords - analysis of technical condition; distribution networks; fixing defects.