

**Методичні вказівки
до практичних занять з курсу:
«Експлуатація систем автоматизації та
керування»**

Вінниця, 2022

УДК 621.316.925:658.310.822](083.7)

Ключові слова: методика, пристрої релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики, чисельність, персонал.

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

АПВ – автоматичне повторне вмикання;
АПН – автоматика від підвищення напруги
ВН – висока напруга;
ВП – власні потреби;
ДЗ – дистанційний захист;
ДЗШ – диференційний захист шин;
ДФЗ – диференційний фазний захист;
ІТП – інженерно-технічний працівник;
КЗ – коротке замикання;
ЛЕП – лінія електропередачі;
НН – низька напруга;
ОЕС – Об'єднана енергетична система;
ОНП – орган направлення потужності;
ПЛ – повітряна лінія електропередачі;
ПРВВ – пристрій резервування відмови вимикача; РЗА – релейний захист, електроавтоматика та протиаварійна автоматика;
СЗНП – струмовий захист нульової послідовності;
СН – середня напруга;
ТПР – трансформатор поперечного регулювання;
ДС – дуже складні;
С – складні;
П – прості;
од. – одиниці;
в.о. – відносні одиниці.

ВСТУП.

Обсяг робіт, які виконує служба релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики з технічного обслуговування пристроїв релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики **під час їх експлуатації**, суттєво залежить не тільки від кількості пристроїв, але і від їх складності. Складність пристрою, як правило, тим вища, чим вищий клас номінальної напруги приєднання. Крім цього, складність пристрою залежить від виду приєднання, бо, наприклад, захист генератора значно складніший від захисту лінії тієї самої напруги. Більш складні пристрої захисту потребують більшого обсягу та складності технічного обслуговування.

В наш час змінилися організаційні форми експлуатації в енергетиці: з'явилися підприємства різних форм власності, серед яких розподілені пристрої релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики. У той же час найскладніша функція – потреба узгоджувати характеристики пристроїв РЗА між собою для забезпечення їх селективної роботи – залишилась незмінною і, як і раніше, покладається на служби релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики енергосистем і НЕК «Укренерго»;

– пристрої релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики застаріли, установлений строк експлуатації пристроїв – 25 років, перевершено в більшості пристроїв. Це потребує більше часу працівників на відновлення технічного стану пристроїв РЗА, а також вимагає їх заміни;

– застаріли пристрої релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики замінюються мікроелектронними та мікропроцесорними пристроями, які потребують зменшених затрат на технічне обслуговування і значних затрат праці на їх освоєння. Вони є більш складними і потребують більш високої кваліфікації обслуговуючого персоналу;

– значно розширено типи пристроїв релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики. Їх

виробляють різні фірми-виробники, вони мають різні характеристики, які потрібно узгоджувати між собою. Це значно ускладнює розрахунки уставок пристроїв, їх проектування, монтаж і налагодження.

1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Експлуатацію пристроїв РЗА виконує ієрархічна мережа служб згідно з ГКД 34.20.507-2003:

– служба РЗА НЕК «Укренерго», яка організовує експлуатацію пристроїв РЗА на об'єктах основної мережі 220–750 кВ ОЕС України і зв'язків з енергооб'єднаннями сусідніх держав;

– служби РЗА регіональних електроенергетичних систем НЕК «Укренерго», які організовують експлуатацію пристроїв РЗА на об'єктах основної мережі 220–750 кВ у межах свого регіону;

– безпосередньо служби РЗА підприємств, за якими закріплено пристрої РЗА, розміщені на об'єктах;

– служби РЗА енергопостачальних компаній, електростанцій, які організовують експлуатацію пристроїв РЗА розподільчих мереж, атомних, теплових, гідравлічних, вітрових електростанцій і блок-станцій.

1.2 Затрати праці, а отже і кількість персоналу, який експлуатує ці пристрої, залежать від складності їх обслуговування. Складність визначають згідно з РД 34.05.761 та «Укрупненими нормами времени на техническое обслуживание устройств релейной защиты и автоматики для типовых схем и присоединений». Для спрощення обліку пристрої РЗА поділяють на три категорії: **прості, складні, дуже складні**.

Перелік видів пристроїв з їх розподілом за складністю обслуговування, складений згідно з наказом Міненерго України від 08.06.98 р. № 94, з доповненнями наведено **в таблиці А.1 (додаток А)**.

1.3 Підприємство визначає загальну кількість **простих, складних і дуже складних пристроїв** РЗА, що обслуговуються ним, і враховує у формах № 45-енерго та № 46-енерго, які належать до річного звіту підприємства.

Електроенергетична система на основі звіту підприємства визначає кількість пристроїв РЗА, які є на балансі енергосистеми, а також кількість пристроїв РЗА по об'єктах свого регіону, які включають енергопостачальні компанії, теплові, атомні, гідравлічні електростанції, що територіально відповідають даному регіону.

НЕК «Укренерго» на основі звіту енергосистеми визначає кількість пристроїв РЗА, які є на балансі НЕК «Укренерго», а також по мережі ОЕС України в цілому.

1.4 Діючі норми часу на технічне обслуговування пристроїв РЗА розраховані на експлуатацію електромеханічних, а також деяких напівпровідникових пристроїв РЗА, чисельність яких на сьогодні перевищує 80 % загальної кількості. У той же час у експлуатації перебуває значна кількість мікроелектронних і мікропроцесорних пристроїв РЗА, які об'єднують у одному корпусі значну кількість функцій, що раніше виконувались окремими пристроями РЗА. Для розрахунку коефіцієнта складності таких пристроїв рекомендовано окремо враховувати кожен функцію з урахуванням складності її виконання. Для багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв цю цифру треба помножити на коефіцієнт, який враховує менші затрати праці на обслуговування комплектних пристроїв. Цей коефіцієнт, згідно з експертною оцінкою, для багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв, можна прийняти рівним 0,5. Ці дані є основою для розрахунку потрібної кількості персоналу служб РЗА.

1.5 Кількість працівників служби (лабораторії) РЗА підприємства N , яка залежить від кількості пристроїв, що обслуговуються службою, визначають за формулою:

$$N=K\left(3+\frac{10 \cdot P_{ДС} + 4 \cdot P_{С} + P_{СП}}{235}\right), \quad (1)$$

де K – коефіцієнт умов експлуатації електроустановок (таблиця 1);

3 – кількість працівників, які розраховують уставки та керують роботою служби (начальник, заступник, інженер з оперативної роботи та розрахунків);

$P_{ДС}$, $P_{С}$, $P_{П}$ – кількість відповідно дуже складних, складних і простих пристроїв РЗА, які обслуговуються службою (лабораторією);

235 – кількість комплектів простих пристроїв РЗА, які обслуговуються одним працівником служби.

Співвідношення кількості ІТП та електромонтерів для служб РЗА енергопостачальних компаній, електростанцій та підприємств електричних мереж може відрізнятись з огляду на складність пристроїв РЗА, у зв'язку з підвищеною відповідальністю.

Під час визначення кваліфікації персоналу служби РЗА треба враховувати, що згідно з РД 34.05.761 прості пристрої РЗА перевіряє бригада в складі двох електромонтерів, складні – одного ІТП та електромонтера, дуже складні – двох ІТП.

Категорію складності пристроїв РЗА визначають згідно з переліком, наведеним у **таблиці А.1 (додаток А)**.

Всі пристрої РЗА за категоріями складності з обслуговування поділяють на три групи: дуже складні, складні та прості.

До **дуже складних пристроїв** належать пристрої багатофункціональні, але які належать до одного типу. Наприклад:

- ДЗ, який включає в себе ступень ДЗ, блокування від коливання, блокування в разі несправності кіл напруги;

- ДЗШ на базі панелей ПДЕ-2006 та їх аналогів на базі мікропроцесорних пристроїв типу В90, RED 521, 7SS60 тощо;

- диференційний захист на базі реле типів ДЗТ-21, ДЗТ-23 і мікропроцесорних пристроїв типів Т60, Р633, 7UT513(613), RET521 тощо;

- багатоступеневий СЗНП з органом напрямку потужності, реалізований на мікроелектронній чи мікропроцесорній елементній базі.

- ДФЗ, високочастотні захисти типів ПДЕ-2003, ПДЕ-2802, захист з високочастотним блокуванням, високочастотні пости потрібно підраховувати окремо;

- реєстратори аварійних подій, панелі фіксації активної потужності, АПН (типу ШП-2704) або аналогічні мікропроцесорні чи мікроелектронні пристрої.

Таблиця 1 – Коефіцієнт умов експлуатації електроустановок

Назва області	Значення коефіцієнту
Вінницька	1,07
Волинська	1,08
Дніпровська	1,09
Донецька	1,10
Житомирська	1,10
Закарпатська	1,07
Запорізька	1,10
Івано-Франківська	1,10
Київська, м. Київ	1,10
Кропивницька	1,08
Автономна республіка Крим, м. Севастопіль	1,06
Луганська	1,10
Львівська	1,05
Миколаївська	1,04
Одеська	1,07
Полтавська	1,07
Рівненська	1,08
Сумська	1,07
Тернопільська	1,06
Харківська	1,07
Херсонська	1,07
Хмельницька	1,07
Черкаська	1,07
Чернігівська	1,08
Чернівецька	1,07

ІТП служби РЗА, окрім керівного складу служби, виконують роботи з технічного обслуговування всіх складних і дуже складних пристроїв РЗА, з розрахунку параметрів настроювання захистів розподільних мереж ВП, автоматичних вимикачів у вторинних і технологічних колах тощо.

До **складних пристроїв** належать пристрої, які мають складні принципи виконання і не належать до дуже складних. Наприклад:

- одноступінчасті пристрої на базі дистанційних органів;
- струмові захисти з ОНП на електромеханічному принципі або мікропроцесорні;
- диференційні захисти на базі реле типів ДЗТ-11, РНТ, ДЗШ на електромеханічному реле будь-якого типу з кількістю приєднань, більшою ніж 4;
- пристрої для визначення місць пошкодження незалежно від типу їх виконання;
- АПН, АЛАР на електромеханічній базі.

До **простих пристроїв** належать одно функціональні пристрої, які мають просту структуру побудови. Наприклад:

- струмова відсічка;
- максимальний струмовий захист;
- АВР, додатковий АЛАР з не перемикання фаз;
- пристрій фіксації увімкнення ЛЕП.

Мікроелектронні та мікропроцесорні пристрої, що суміщають чотири простих функції в одному пристрої, враховують як один **складний пристрій**, а за більшої кількості функцій – як один **дуже складний пристрій**.

Під час визначення категорії складності пристроїв РЗА, які не зазначені в таблиці **A.1** (у додатку **A**), слід керуватись їх аналогами.

Для багатофункціональних мікроелектронних або мікропроцесорних пристроїв **загальний коефіцієнт складності** визначають як суму функцій, які виконують пристрої, з урахуванням їх категорії складності. Наприклад – комплектний пристрій релейного захисту типу ШДЕ-2802:

$$(ДЗ осн. - 1ДС) + (33 осн. - 1ДС) + \\ + (ДЗ і 33 рез. - 1ДС) = 3ДС,$$

де ДЗ осн. – дистанційний захист основний;
33 осн., 33 рез. – захист від замикання на землю відповідно основний і резервний.

1.6 Кількість персоналу служб РЗА енергокомпаній та електроенергетичних систем потрібно розраховувати з урахуванням додаткових функцій, які вони виконують:

- планування робіт та організація їх виконання, а також звітність з модернізації та реконструкції пристроїв РЗА згідно з інвестиційним планом;
- планування та звітність робіт згідно з наказом № 1 НЕК «Укренерго»;
- підготовка тендерної документації та проведення тендерів тощо;
- підготовка, складання та технічне і фінансове супроводження договорів;
- керування пристроями РЗА електричних станцій, що перебувають в оперативному підпорядкуванні електроенергетичній систем;
- оформлення документації під час передавання обладнання з балансу на баланс;
- залучення персоналу служб РЗА до виконання проектних і монтажно-налагоджувальних робіт на об'єктах.

1.7 Для служб РЗА енергетичних систем, акціонерних компаній та НЕК «Укренерго», які організують експлуатацію, чисельність розраховують на основі кількості пристроїв РЗА, які є на балансі підпорядкованих підрозділів електричних мереж:

$$N = N_k + \frac{k \cdot n_{\bar{\sigma}}}{235}, \quad (2)$$

де N – розрахункова чисельність персоналу служби;

N_k – чисельність керівного персоналу служби (у службах РЗА енергосистем – до п'яти працівників; у службах РЗА акціонерних компаній залежно від кількості та категорії складності пристроїв РЗА – до трьох працівників; у службі РЗА НЕК «Укренерго» – до шести працівників);

k – коефіцієнт участі, який для служб **РЗА енергосистеми** приймають таким, який дорівнює **0,3**, а , для служби **РЗА НЕК «Укренерго»** – **0,04**;

$p_6 = 10 \cdot P_{дс} + 4 \cdot P_{с} + 1 \cdot P_{п}$ – кількість пристроїв з урахуванням коефіцієнта складності, які є на балансі структурних підрозділів енергосистем, енергопостачальних компаній, або підприємств електричних мереж ($P_{дс}$, $P_{с}$, $P_{п}$ – кількість відповідно дуже складних, складних і простих пристроїв РЗА, які обслуговуються службою РЗА (лабораторією РЗА);

Чисельність персоналу служби РЗА згідно з цією **Методикою** розраховують для кожної служби, лабораторії або відокремленого підрозділу.

Чисельність персоналу служби може відрізнятись на 20% від розрахункової у разі підготовки молодих працівників під час зміни поколінь.

З урахуванням характеру роботи систем автоматизації (а саме з урахуванням характеру керування) кількість персоналу служб РЗА електроенергетичних систем і НЕК «Укренерго» необхідно визначати з врахуванням ІТП.

Під час курирування пристроїв РЗА електростанцій різних типів чисельність персоналу служби РЗА електроенергетичних систем повинна бути додатково збільшена з розрахунку один куратор на групу електричних станцій.

Остаточну чисельність персоналу служби РЗА визначає керівництво підприємств та компанії електроенергетики.

2 ПРИКЛАД 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПЕРСОНАЛУ СЛУЖБИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ, ЕЛЕКТРОАВТОМАТИКИ ТА ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Умова.

Кількість пристроїв РЗА:

- дуже складних, $P_{\text{дс}} = 147$ одиниць (од.);
- складних, $P_{\text{с}} = 1756$ од.;
- простих $P_{\text{п}} = 4519$ од.

Завдання.

Визначити чисельність персоналу служби РЗА енергосистеми – **N**.

Розв'язок задачі.

Для визначення чисельності персоналу служби РЗА енергосистеми скористаємось виразом (2), а саме:

$$N = N_k + \frac{k \cdot n_{\text{б}}}{235},$$

де:

- чисельність керівного персоналу служби РЗА енергосистеми (начальник, заступник, інженер з оперативної роботи та двоє інженерів з розрахунків уставок) – **$N_k = 5$** працівників;
- коефіцієнт участі, який для служби **РЗА** енергосистеми дорівнює $k = 0,3$ в.о.;
- кількість комплектів простих пристроїв РЗА, які обслуговуються одним працівником служби складає **235** комплектів;
- кількість пристроїв з урахуванням коефіцієнта складності, які є на балансі структурних підрозділів електричних мереж енергосистеми **235** – кількість комплектів простих пристроїв РЗА, які обслуговуються одним працівником служби (рекомендовано [1]).

- кількість пристроїв РЗА з урахуванням коефіцієнта складності, які є на **балансі пб** структурних підрозділів енергосистем, енергопостачальних компаній, або підприємств електричних мереж:

$$пб = 10 \cdot П_{ДС} + 4 \cdot П_{С} + 1 \cdot П_{П},$$

$$пб = 10 \cdot 147 + 4 \cdot 1756 + 1 \cdot 4519 = 22 \text{ од.}$$

Отже, розрахункова чисельність персоналу служби РЗА енергосистеми:

$$N = 5 + \frac{0,3 \cdot (10 \cdot 147 + 4 \cdot 1756 + 1 \cdot 4519)}{235},$$

N = 22 працівника.

ЛІТЕРАТУРА

1. СОУ-Н ЕЕ 05. 151:2006 Визначення чисельності персоналу служби релейного захисту, автоматики та протиаварійної автоматики.

Додаток А. Розподіл пристроїв електроавтоматики та протиаварійної автоматики за категоріями складності їх обслуговування.

Таблиця А.1 –Перелік пристроїв РЗА

Тип приєднання	Тип пристрою РЗА	Категорія складності
Резервування відмови вимикача	Автоматичний ПРВВ підстанції 110 кВ	С
	Автоматичний ПРВВ підстанції 6-35 кВ	П
АПВ	Одно- та двократне трифазне АПВ (кожний цикл)	П
	Трифазне АПВ лінії 750—220 кВ	ДС
	Пофазне АПВ (однофазне АПВ)	ДС
	Пристрій адаптивної паузи ОАПВ	ДС
	Швидкодіюче АПВ	С
АВР	АВР	П
	Автоматичне відновлення схеми після АВР	П
Електроавтоматика підстанції	Автоматика дистанційного керування регулюванням напруги трансформатора під навантаженням	П
	Автоматичний підзарядний пристрій акумуляторної батареї	С
	Автоматичний пристрій живлення електромагнітів увімкнення	С

Продовження таблиці А.1

Тип приєднання	Тип пристрою РЗА	Категорія складності
Електроавтоматика підстанції	Автоматика пожежогасіння	П
	Автоматика засувок пожежогасіння	П
	Автоматика приготування піни	П
	Автоматика охолодження трансформатора, автотрансформатора, реактора (на кожний окремий корпус)	П
	Автоматика гасіння ферорезонансу	С
	Автоматичний осцилограф	С
	Пускова схема автоматичного осцилографа	С
	Автоматичний синхронізатор	ДС
	Автоматичний само синхронізатор	С
	Пристрій ручної точної синхронізації	С
	Пристрій центральної сигналізації (одна ділянка)	П
	Система збору інформації	ДС
	Електромагнітне блокування роз'єднувача розподільчого пристрою на комірку напругою 35—110 кВ	П

Продовження таблиці А.1

Тип приєднання	Тип пристрою РЗА	Категорія складності
Електроавтоматика підстанції	Автоматика підйомних механізмів	П
	Автоматика електро бойлерної	П
	Автоматика компресорної установки	С
	Автоматичний контроль ізоляції мережі ізольованою нейтраллю	П
	Автоматика контролю ізоляції змінного оперативного струму	П
	Автоматика дистанційного керування приводом регулятора напруги під навантаженням	П
	Автоматика регулювання напруги акумуляторних батарей	П
	Автоматика дистанційного керування комутаційним апаратом	П
	Автоматика пуску двигуна	П
	Автоматика керування конденсаторною установкою повздовжнього та поперечного регулювання	С
	Пристрій фіксації замикання на землю	С

Продовження таблиці А.1

Тип приєднання	Тип пристрою РЗА	Категорія складності
Електроавтоматика підстанції	Автоматика регулювання напруги ротора генератора	П
	Автоматика електро котлів	П
	Електронна схема керування автоматичним вимикачем 0,4 кВ	С
	Неелектронна схема керування автоматичним вимикачем 0,4 кВ	П
	Автоматичні регулятори напруги під навантаженням	С
Автоматичні регулятори безперервної дії	Автоматичний регулятор збудження	ДС
	Автоматичний регулятор напруги трансформатора	С
	Автоматика керування збудженням	С
Пристрої протиаварійної автоматики	Автоматика ліквідації асинхронного режиму	ДС
	Автоматика обмеження підвищення частоти	С
	Автоматика від підвищення напруги	С
	Автоматика обмеження зниження напруги	С
	Автоматика розвантаження ПЛ, електростанції	ДС
	Автоматика частотного розвантаження	С

Продовження таблиці А.1

Тип приєднання	Тип пристрою РЗА	Категорія складності
Пристрої протиаварійної автоматики	Частотне АПВ	П
Інші пристрої протиаварійної автоматики	Автоматика балансування	С
	Виконавчий пристрій автоматики балансування	П
	Пристрій автоматики поділу за струмом	П
	Автоматика розвантаження (поділу) у разі вимкнення лінії	С
	Автоматика розвантаження (поділу) за фазовим кутом	ДС
	Автоматичний реєстратор подій	ДС

Варіанти завдань для визначення чисельності персоналу служби релейного захисту, електроавтоматики та протиаварійної автоматики електроенергетичної системи

Таблиця Б.1 – Початкові дані для розрахунків

№ варіанта	$P_{\partial c}$	P_c	P_p	N_k	k	Кількість РЗА на одного працівника
	од.	од.	од.	працівників	в.о.	од.
приклад	147	1756	4519	5	0,3	235
1	100	1500	4600	5	0,3	230
2	110	1600	4400	5	0,3	230
3	120	1700	4300	5	0,3	230
4	130	1800	4200	5	0,3	230
5	140	1900	4100	6	0,04	230
6	150	2000	4000	6	0,04	230
7	160	2100	3900	6	0,04	230
8	170	2200	3800	6	0,04	230
9	180	2300	3700	6	0,04	230

№ варіанта	<i>П_{дс}</i>	<i>П_с</i>	<i>П_п</i>	<i>N_к</i>	<i>k</i>	Кількість РЗА на одного працівника
	од.	од.	од.	працівників	в.о.	од.
10	190	2400	3600	6	0,04	240
11	200	2300	3500	7	0,3	240
12	210	2200	3600	7	0,3	240
13	220	2100	3700	7	0,3	240
14	230	2000	3800	7	0,3	240
15	240	1900	3700	7	0,3	240
16	250	1800	3600	8	0,04	240
17	260	1700	3500	8	0,04	240
18	270	1600	3800	8	0,04	240
19	280	2400	3700	8	0,04	240
20	290	2300	3600	8	0,04	245
21	300	2200	3500	9	0,3	245
22	310	2100	3400	9	0,3	245

№ варіанта	<i>П_{дс}</i>	<i>П_с</i>	<i>П_п</i>	<i>N_к</i>	<i>k</i>	Кількість РЗА
	од.	од.	од.	працівників	в.о.	од.
23	320	2000	3500	9	0,3	245
24	310	2100	4500	9	0,3	245
25	300	2200	4400	9	0,3	245
26	290	2100	4300	7	0,04	245
27	280	2000	4200	7	0,04	245
28	270	1900	4100	7	0,04	220
29	260	1800	4000	7	0,04	220
30	250	1700	3900	7	0,04	220
31	240	1600	3800	8	0,3	220
32	230	2400	3700	8	0,3	220
33	220	2300	3600	8	0,3	220
34	210	2200	3500	8	0,3	220
35	200	2100	3400	8	0,3	220

Продовження таблиці Б1

№ варіанта	<i>П_{дс}</i>	<i>П_с</i>	<i>П_п</i>	<i>N_к</i>	<i>k</i>	Кількість РЗА
	од.	од.	од.	працівників	в.о.	од.
36	180	2500	3500	9	0,04	210
37	170	2600	3600	9	0,04	210
38	160	2700	3700	9	0,04	200
39	150	2800	3800	9	0,04	200
40	140	2900	3900	9	0,04	200