

**Міністерство палива та енергетики України  
НЕК «Укренерго»  
Науково-технічний центр електроенергетики**

**Зарубіжний досвід проектування,  
будівництва та експлуатації  
об'єктів електроенергетики  
з елегазовим обладнанням**

*Виконано  
Відділом інформаційно-аналітичного  
забезпечення НТЦЕ НЕК «Укренерго»*

**2011, лютий**

## ЗМІСТ

1. Загальний огляд розвитку елегазового обладнання в зарубіжній енергетичній сфері.....	2
2. Виробництво сучасного елегазового обладнання та його виробництво у провідних зарубіжних компаніях.....	8
3. Висновки Міжнародної Ради по великим електроенергетичним системам (CIGRE) на основі аналізу надійності, терміну експлуатації та технічного обслуговування елегазового обладнання.....	19
4. Росія. Стан і перспективи розвитку та впровадження сучасного елегазового обладнання.....	21
5. Україна. Стан впровадження елегазового обладнання в електроенергетиці.....	29
Додаток 1. Оборудование производства зарубежных компаний совместно с российскими, допущенное к применению на объектах ОАО «ФСК ЕЭС».....	39
Додаток 2. Основні технічні параметри елегазових вимикачів напругою 35–750 кВ, що застосовуються в Росії.....	45
Додаток 3. Елегаз. Особливості його використання в електротехнічному устаткуванні.....	46
Джерела інформації.....	48

# Зарубіжний досвід проектування, будівництва та експлуатації об'єктів електроенергетики з елегазовим обладнанням

## 1. Загальний огляд розвитку елегазового обладнання в зарубіжній енергетичній сфері.

З початку 80-х років відбувся якісний стрибок у технології виробництва високовольтних комутаційних апаратів. На зміну масляним і повітряним вимикачам прийшли апарати з використанням як ізоляційного, так і дугогасного середовища елегазу (газоподібної шестифтористої сірки – SF<sub>6</sub>) або вакууму.

**Елегазові вимикачі** високої, надвисокої й ультрависокої напруги (від 110 до 1150 кВ) у економічно розвинених країнах практично витиснули всі інші види комутаційних апаратів.

За даними Міжнародної Ради з великих електроенергетичних систем (CIGRE), у закордонній практиці парк елегазового обладнання в різних класах напруги становить: 110 кВ – 52%, 220 кВ – 55%, 380 кВ – 69%, 500 кВ – 66%, 750 кВ – 92%.

Слід зазначити, що існують **два великі проблеми**, пов'язані з розвитком комутаційної апаратури високої напруги – **створення нових більш досконалих конструкцій і визначення долі апаратів, які тривалий час знаходяться в експлуатації (в основному застарілих)**.

Розв'язанням цих проблем і визначається рівень надійності сучасного (світового й вітчизняного) комутаційного устаткування.

Інтенсивне впровадження елегазової та вакуумної апаратури зумовлене тим, що поки не знайдено способів більш ефективного дугогасіння, здатних конкурувати з гасінням дуги короткого замикання в елегазі або вакуумі. Не отримано також і нових видів діелектриків, які за сукупністю своїх електроізоляційних, дугостійких і експлуатаційних властивостей перевершували б елегаз або вакуум.

Сьогодні провідні електротехнічні фірми виробляють, в основному, два типи високовольтних вимикачів: **елегазові й вакуумні**. В класах напруг 110 кВ і вище домінують в основному елегазові вимикачі, в класах середніх напруг 6-35 кВ – вакуумні вимикачі. При цьому особлива конструкція ущільнювальних вузлів, у тому числі гідравлічної герметизації поворотного механізму в картері полюса, забезпечує рівень витоків елегазу не більше ніж 0,5% у рік.

Застосування елегазової або вакуумної апаратури на **середні класи** напруги визначається техніко-економічними показниками при виробництві та експлуатації устаткування, а також умовами створення технологічної бази. Кожне із зазначених видів комутаційного обладнання має свої переваги. Якщо **вакуумні** апарати вимагають менш потужних приводів і мають, як правило, більш високий комутаційний ресурс, то **елегазові вимикачі** при комутаціях створюють менші рівні перенапруги, що зменшує навантаження на ізоляцію іншого енергетичного устаткування. Малий хід і швидкість контактів вакуумних вимикачів є як їхнім недоліком, так і достоїнством, яке полягає в можливості застосування легких, невеликих пружинних або електромагнітних приводів.

При виборі елегазової або вакуумної апаратури вирішальне значення мають умови, у яких працюють апарати. Наприклад, **елегазові апарати** кращі для застосування як вимикачі навантаження й струму короткого замикання в межах більш високої напруги, у тому числі в складі **елегазових комплектних розподільчих установок** – КРУЕ, у ланцюгах електродвигунів обмеженої потужності при порівняно невеликих довжинах сполучних кабелів. Вакуумні вимикачі особливо ефективні там, де необхідні часті комутації й великий ресурс.

Основні **переваги елегазового устаткування** полягають в унікальних фізико-хімічних властивостях елегазу: при атмосферному тиску електрична міцність елегазу в 3 рази вища, ніж повітря, а вже при тиску елегазу від 0,3 МПа до 0,4 МПа його електрична міцність вища, ніж трансформаторного масла. Здатність елегазових комутаційних апаратів щодо вимкнення струму короткого замикання за однакових умов на **2 порядки** вища, ніж повітряних вимикачів.

Елегазовому устаткуванню останніх конструкцій також властиві: компактність, більші межревізійні строки аж до відсутності експлуатаційного обслуговування протягом усього терміну служби, широкий діапазон номінальних напруг (від 6 до 1150 кВ), пожегобезпечність і підвищена безпека обслуговування.

**Вакуумні апарати** характеризуються максимальними значеннями електричної міцності міжконтактних проміжків (при відстані між контактами до 10-15 мм), високою швидкістю відновлення електричної міцності при вимкненні струмів аж до аварійних, мінімальною масою рухливих частин і енергією приводу, мінімальними габаритами й масою апарата в цілому, високим комутаційним ресурсом.

**Провідні зарубіжні фірми практично повністю перейшли на випуск елегазових вимикачів для відкритих розподільчих установок (ВРУ) на класи напруги 110 кВ і вище та КРУЕ, а також вакуумних вимикачів на напругу 6-35 кВ.**

Для **зниження перенапруги** через зріз струму при його вимкненні у вакуумних вимикачах застосовуються спеціальні засоби захисту (RC-ланцюги, обмежувачі перенапруг).

**Елегазовому устаткуванню середньої напруги** традиційно віддають перевагу у **Франції, Італії, країнах Скандинавії та Іспанії, а вакуумному – у Німеччині, Великобританії і Японії.**

За останні 20 років у світі не вводилися в експлуатацію практично ніякі інші вимикачі на напругу 63 кВ і вище, крім елегазових. Якщо аналізувати склад вимикачів із віком від 10 до 20 років, то серед них переважають елегазові.

**Міжремонтний період елегазових вимикачів становить 15 років.** При цьому габарити й матеріалоємність апаратів постійно скорочується при поліпшенні основних параметрів і підвищенні надійності.

Переваги елегазових вимикачів порівняно з вакуумними – це більш проста конструкція й менш жорсткі вимоги до регулювання системи «дугогасний пристрій – привід» при експлуатації; висока надійність апарата при вібрації, протіканні великих номінальних струмів і наскрізних струмів короткого замикання.

Елегаз застосовують, наприклад, у генераторних вимикачах, коли потрібні номінальні струми 8000-16000 А, а номінальні струми вимкнення – 90-200 кА.

У сфері великих номінальних і аварійних струмів, що вимикаються, відомі рішення, при яких застосовуються як елегаз, так і вакуумні дугогасні пристрої. Так, наприклад, фірма АВВ розробила й протягом 20 років поставляє елегазові генераторні вимикачі. Фірмою Siemens (Швейцарія) розроблено вакуумні генераторні вимикачі з номінальними струмами вимкнення до 80 кА. Завдання збільшення пропускання більших номінальних струмів у вакуумних генераторних вимикачах вирішується шляхом паралельного з'єднання декількох вакуумних дугогасних камер у кожному полюсі, що ускладнює його конструкцію. Ресурс кращих вакуумних вимикачів на середній клас напруг досягає в цей час від 40 до 50 тис. комутацій номінального струму й 100 операцій при вимкненні струму короткого замикання.

Незважаючи на значні переваги елегазових і вакуумних апаратів, повний перехід на їх використання займе не один рік і не одне десятиріччя. При постійно зростаючій частці сучасної апаратури в експлуатації залишається ще велика кількість застарілих апаратів.

У цілому **частка елегазових вимикачів на середні класи напруги на світовому ринку становить 20-30%** загального обсягу комутаційних апаратів і, за прогнозами, буде збільшуватися з одночасним удосконаленням їхньої конструкції, надійності та збільшенням безремонтного строку експлуатації, а також підвищенням ступеня комплектності (КРУ, ВРУ) для скорочення території підстанцій.

За останні роки виконано значні проектно-конструкторські розробки щодо створення та застосування потужних силових **трансформаторів з елегазовою ізоляцією**, які головним чином, популярні в Японії, а також **газових ізольованих кабелів** високої напруги.

З наведеної таблиці **ринку елегазового устаткування**, а також обладнання що вводиться щороку в експлуатацію, видно, що застосування SF<sub>6</sub> є переважним в устаткуванні високої напруги – 90% від загального обсягу елегазового обладнання і лише 10 % – для середньої напруги.

### Обсяг ринків елегазового устаткування середньої і високої напруги

Вид устаткування	SF <sub>6</sub> маса на одиницю кг	Повна встановлена кількість		Щорічний додатковий приріст	
		Кількість вимикачів	Маса SF <sub>6</sub> , т	Кількість вимикачів	Маса SF <sub>6</sub> , т
<b>Комутаційне устаткування СН</b>					
RM6/вимикачі навантаження - роз'єднувачі	0,6	3 000 000	1850	240000 RM6 +70000 вимикачів	140 8
КРУЕ	6	50 000	300	7000	42
Вимикачі	0,3	500 000	150	40000	17
Усього	–	–	2000... 2500	–	200
<b>Комутаційне устаткування ВН</b>					
КРУЕ	500	20 000	10 000	3000	1500
Вимикачі відкритого типу	50	100 000	5000	8000	400
Газоізолюючі кабелі	–	30 000 м	1000	3000 м	100
Усього	–	–	20 000	–	2000

Споживання елегазу у світовій енергетичній практиці розділено між комутаційним устаткуванням і неелектричними приладами: МЕК оцінює повне щорічне споживання його в 5000 – 8000 т, розділених на дві більш-менш рівні частини між цими двома напрямками застосування.

За останні роки особлива увага приділяється **екологічній безпеці елегазу**. У зв'язку з цим слід зазначити, що незважаючи на приналежність елегазу до ряду фторидів, він не ввійшов до переліку речовин, які заборонено або обмежено в застосуванні. Крім того, загальний внесок елегазу в «парниковий» ефект атмосфери становить **не більше ніж 0,2%** (частка елегазу, використовуюваного в електротехнічному обладнанні, в цьому внеску на кілька порядків нижча). Основані фізичні та інші властивості елегазу, його технічні характеристики та особливості застосування в електротехнічному устаткуванні наведено в додатку 3.

**Досвід впровадження елегазового обладнання компанією Electricite de France (EDF, Франція).** EDF – єдина компанія, що має 30-річний досвід роботи з елегазовими вимикачами й вимикачами навантаження – роз'єднувачами середньої напруги, з парком устаткування, установленим компанією Merlin Gerin (Франція), що включає в себе **понад 20 000 вимикачів і 200 000 вимикачів навантаження** (модульного типу).

EDF виконала повну діагностику частини апаратури з терміном використання 20-30 років із найбільшою кількістю операцій: випробування на коротке замикання, діелектричні випробування, випробування на нагрівання, виміри герметичності й механічної міцності, виміри контактного зношування й газовий аналіз. Мета перевірки полягала в оцінюванні терміну служби елегазового обладнання. Зокрема, у результаті вимірів установлено **максимальне 25%-ве значення** контактного зношування комутаційної апаратури.

Газовий аналіз використовувався для оцінювання потенційної токсичності в двох різних випадках: при звичайному витокі й аварійному раптовому викиді елегазу внаслідок пошкодження. Перевіркою встановлено:

- у разі звичайного витокі концентрація побічних продуктів у комутаційному устаткуванні надзвичайно низька (приблизно в 10 000 разів нижча від TLV – гранично допустимої концентрації забруднень у повітрі виробничих приміщень);

- у разі аварійного раптового викиду концентрація побічних продуктів залишається набагато нижчою від допустимого безпечного рівня.

Одних із головних висновків перевірки встановлено – у реальних виробничих умовах передбачуваний **термін експлуатації елегазового устаткування становить не менше 30 років**.

Елегазове комутаційне устаткування повністю відповідає вимогам споживачів щодо компактності, надійності, скорочення часу обслуговування, безпеки персоналу, терміну служби. Зниження механічної енергії для вимкнення вимикача може бути досягнуто застосуванням сучасних способів гасіння дуги, наприклад, обертання й дугтя.

У сфері обслуговування запроваджуються відповідні системи **діагностики комутаційного обладнання й моніторингу його роботи**, які дають змогу контролювати в режимі реального часу його стан та своєчасно надавати інформацію користувачеві про необхідність і мету обслуговування.

Постійне вдосконалювання систем **герметичності** комутаційного устаткування високої напруги сприяє більш низькій інтенсивності витоків елегазу (0,1–0,5 % у рік).

На основі проведеного EDF аналізу визначено основні достоїнства та недоліки елегазових вимикачів:

- швидке гасіння дуги в елегазі;
- висока зносостійкість контактної системи при комутації номінальних струмів і номінальних струмів вимкнення;
- різке зниження експлуатаційних витрат порівняно з маломасляними вимикачами;
- повна вибухо- і пожежобезпека і можливість роботи в агресивних середовищах (обмеження тільки за ступенем зношування матеріалів, застосовуваних у конструкції приводу);
- висока хімічна стабільність елегазу та практична відсутність забруднення навколишнього середовища.

Термін експлуатації сучасних елегазових вимикачів в енергосистемі EDF **без проведення ремонту становить від 10 до 20 років і більше** (у цьому проміжку виконуються тільки профілактичні огляди й інструментальний контроль).

У світовій енергетичній практиці елегазове обладнання конструктивно випускається як у вигляді **КРУЕ**, так і **модульного (гібридного) обладнання для відкритих розподільчих установок (ВРУ)**, а також **новітніх систем передавання електроенергії з елегазовою ізоляцією (GIL)**. Сучасні підстанції із КРУЕ здатні задовольнити практично всі можливі потреби енергетичної співдружності з урахуванням постійного зниження економічних і енергетичних витрат.

Світова потреба в електричній енергії сьогодні зростає на три відсотки щорічно. Відповідно збільшуються обсяги передавання електричної енергії у великих містах із передмістями, з найменшими можливими економічними втратами та зменшенням площі їх розміщення.

Найбільш характерним в цьому є реалізація прийнятої Європейським Союзом програми модернізації мереж електропередавання в Європі з переведенням на підвищений клас напруги з 220 на 380 кВ. У великих містах будується ряд підстанцій, розрахованих на надвисоку напругу. Цю тенденцію можна також простежити в таких мегаполісах, як Шанхай або Сідней. З підвищенням рівнів напруги виникає необхідність розширення територій підстанцій, що в ряді регіонів нереально. Тому КРУЕ сьогодні стають найбільш ефективними при високій надійності.

Залежно від рівня робочої напруги елегазовим підстанціям потрібно до 90% менше місця, ніж їхнім аналогам із повітряною ізоляцією. Елегазові підстанції найбільш стійкі до можливих впливів навколишнього середовища. Їх економічно обґрунтовано встановлювати на обмежених площадках, наприклад, у суспільних будинках, на спортивних стадіонах, аеропортах, у зонах щільної забудови.

Завдяки новаторським конструкторським рішенням застосування сучасних КРУЕ значно зменшує не тільки необхідний простір для їх розміщення, але й використання мінімальної кількості матеріалів і газу SF<sub>6</sub> при одночасному поліпшенні їхніх робочих характеристик. Такі фактори як естетика, екологічна стійкість, архітектура, статус захищеного будинку, відіграють усе більшу роль при проектуванні та будівництві підстанцій.

Відповідно до оцінок Комісії ЄС середній термін служби встановленої в Європі інфраструктури становить від 30 до 40 років. Необхідність підвищення безпеки, ефективності та екологічної стійкості в поєднанні з підвищеними вимогами до електричних мереж вимагає

прискорення модернізації й розширення багатьох трансформаторних підстанцій протягом найближчих десяти років. Заміна застарілого обладнання на сучасне елегазове в нинішніх умовах для задоволення зростаючих потреб в енергії країн із ринковою економікою стає найбільш економічно вигідним.

Поєднання конструкторських рішень із застосуванням комплектних елегазових пристроїв **модульного елегазового обладнання**, відоме як гібридний дизайн або комбінована технологія, дає змогу істотно зекономити **простір установлення обладнання на ВРУ**.

**Елегазові вимикачі високої, надвисокої та ультрависокої напруг**, а також **трансформатори струму й напруги для ВРУ 110-1150 кВ** як у новому будівництві, так і при заміні застарілих конструкцій у розвинених країнах практично витиснули всі інші види комутаційних апаратів.

Закордонні фірми, які працюють у сфері комутаційної апаратури (ABB, Siemens, Hyundai, Schneider Electric, Alstom), систематично обновляють номенклатуру такого устаткування, розробляють апарати нових поколінь із метою підвищення їхньої надійності й ресурсу, зменшення габаритів матеріалоемності.

Сучасні вимоги (більш високі рівні напруги, зростаючі обсяги передавання електроенергії, екологічна стійкість) також викликали необхідність пошуку ефективних систем передавання електроенергії, зокрема, **ліній електропередавання з елегазовою ізоляцією**, розроблених компанією Siemens (газовольовані лінії – GIL). Такі лінії являють собою алюмінієву струмопровідну трубку, розташовану в алюмінієвій трубі, яка закривається та заповнюється ізолюючою елегазовою сумішшю. За допомогою GIL можна забезпечити передавання енергетичної потужності до 3000 МВА. Там, де необхідні спеціальні рішення, GIL є надійним, економічним і екологічно доцільним рішенням. Порівняно з іншими системами передавання енергії в цій системі втрати енергії нижчі, а випромінювання електромагнітного поля зменшується на 90%. Герметична конструкція дає змогу прокласти лінію **над землею, у тунелях або під землею**. Зокрема, компанія Siemens здійснила в 2010 році проект із прокладання підземних GIL для розширення системи енергопостачання в стиснутих умовах великого аеропорту в м. Франкфурті (Німеччина) з переведенням трансформаторної підстанції «Кельстербах» з 220 на 380 кВ. Повітряні лінії через прохідні ізолятори підключено до GIL, прокладених безпосередньо в землі до з'єднання з елегазовою розподільчою установкою.

Застосування газонаповнених систем передавання електроенергії високої та надвисокої напруг за економічними і технічними параметрами, експлуатаційними характеристиками і рівнем надійності більш ефективно, ніж використання маслонаповнених кабелів і кабелів з полімерною ізоляцією відповідного рівня напруги.

На світовому ринку сьогодні немає серйозної альтернативи елегазовим і вакуумним вимикачам, проте **не припиняються роботи з удосконалення комутаційної апаратури і впровадження нанотехнологій** із постійним нарощуванням інвестицій для реалізації таких програм. Зокрема, поліпшуються дугогасні пристрої, застосовуються нові рішення з підвищення ефективності дугогасіння.

Виконуються роботи з удосконалення КРУЕ шляхом об'єднання функцій різних апаратів у одному модулі (наприклад, об'єднання функцій вимикача, роз'єднувача й заземлювача в одному пристрої), шляхом створення КРУЕ з розміщенням трьох фаз у одній оболонці аж до напруги 500 кВ. Такі рішення дають змогу ще більше підвищити рівень компактності обладнання, зменшити необхідні для КРУЕ площі й обсяги приміщень, підвищити техніко-економічні показники.

Проводяться роботи **із заміни елегазу на суміші елегазу з іншими газами**, а також із використання в комутаційних апаратах інших видів ізоляційних та дугогасних газів.

**Зміна поколінь КРУЕ**, як правило, проходить не рідше, ніж у **6–8 років**.

**Удосконалюється комутаційне й трансформаторне устаткування** для ВРУ високої, надвисокої, ультрависокої напруг зі зменшенням їхніх габаритів, ведеться активний пошук ефективних схем підключення до повітряних, кабельних і ліній GIL відповідних рівнів напруги.

При цьому впровадження сучасних нанотехнологій також спрямоване зведенню до мінімуму впливу електроустаткування з елегазом та іншими наповнювачами на навколишнє середовище.

**Силові трансформатори елегазові великої потужності.** У ряді країн ОЕСР, насамперед Японії, багато підстанцій надвисокої напруги розташовано в густонаселених міських районах. Для задоволення надвисоких вимог, що пред'являються до трансформаторів, для таких підстанцій було розроблено **три варіанти елегазових силових трансформаторів** напругою 275 кВ і потужністю до 300 МВА. Зі збільшенням потужності вирішити питання охолодження тільки елегазом стало практично неможливим, тому прийнято рішення здійснювати охолодження за допомогою рідини перфторвуглецю (PFC) для всіх трьох типів трансформаторів з одночасним використанням високоізоляційних властивостей елегазу. За варіантом А (трансформатор броньового типу) потік перфторвуглецю спрямовано зверху вниз обмотки вздовж котушок. Конструкція обмоток, включаючи ізоляцію, майже така сама, як і в масляному трансформаторі.

### Елегазові трансформатори великої потужності в Японії

Варіанти	А – з потоком охолоджувальної рідини зверху вниз	В – з роздільним охолодженням	С – із заповненням рідиною внутрішнього бака з активною частиною
Тип трансформатора і обмотки	Броньований	Стрижневий з листовими обмотками	Стрижневий з дисковими обмотками
Ізоляція	Елегаз + перфторвуглець (2 кгс/см <sup>2</sup> ). Виткова ізоляція – синтетична плівка	Елегаз (4 кгс/см <sup>2</sup> ). Виткова ізоляція – синтетична плівка	Елегаз (3,5 кгс/см <sup>2</sup> ). Ізоляція обмотки — РРС. Виткова ізоляція – синтетична плівка
Охолодження	Примусова циркуляція рідини перфторвуглецю в охолоджувальних каналах між котушками	Примусова циркуляція рідини перфторвуглецю в охолоджувальних панелях обмотки	Примусова циркуляція рідини перфторвуглецю в ізоляційному відсіку (магнітопровід і обмотка в перфторвуглеці)
Параметри трансформатора	Трифазний 275 кВ, 300 МВА з РПН	Трифазний, 275 кВ, 300 МВА, з регульованим трансформатором у нейтралі	Трифазний, 275 кВ, 250 МВА з РПН

При змішуванні елегазу й пари перфторвуглецю варіації тиску суміші зі зміною температури збільшуються. Регулятор тиску підтримує його значення на рівні 2 кгс/см<sup>2</sup> у всьому діапазоні температур. За варіантом В застосовуються листові обмотки з алюмінію з використанням бар'єрів з листів нового матеріалу поліетилентерефталат (PET) з високою механічною та ударостійкістю. Обмотки охолоджуються рідиною перфторвуглецю, що циркулює в панелях циліндричної форми обмотки трансформатора, з повною її ізоляцією від елегазу. Циліндричної форми бак розраховано на максимальний тиск до 4 кгс/см<sup>2</sup>. Обмотки й магнітопровід залито рідиною перфторвуглецю, що є як ізолятором, так і теплоносієм. Уся активна частина й рідина знаходяться в ізоляційному циліндричному баку. Простір між стінками цього бака й стінками сталевого бака заповнено елегазом із максимальним тиском до 3 кгс/см<sup>2</sup>. Зверху ізоляційний бак закривається роздільною мембраною, що вирівнює тиск.

**Основною перевагою елегазових трансформаторів є їх повна пожежобезпечність.** Крім того, вони мають ряд інших переваг порівняно з маслonaповненими трансформаторами, установлюваними в закритих приміщеннях і під землею:

- відпадає необхідність у протипожежному устаткуванні й спорудженні аварійної ємності для масла, а також у захисному огороженні (стінках) для захисту іншого устаткування від пожежі;
- значно менша вага завдяки відсутності масла, а також нижчому рівні шуму порівняно з маслonaповненими трансформаторами.



Ці та інші переваги дають змогу зменшувати розміри підстанції або приміщення та істотно знижувати їх вартість. Недоліком таких трансформаторів є **менше значення теплової постійної часу** порівняно з маслонаповненими трансформаторами, що знижують припустиму тривалість перевантажень.

Широкого застосування, особливо при комплектуванні КРУЕ, знаходять також **елегазові вимірювальні трансформатори напруги й трансформатори струму**, що практично не потребують технічного обслуговування. Конструктивно вони майже однотипні з незначними особливостями, що зумовлено технологією виготовлення, ізоляційними властивостями відповідно до міжнародної системи стандартизації.

**Електромагнітна сумісність (ЕМС)** з навколишнім середовищем у густонаселеній місцевості стає все важливішою. Тому комплекти високовольтні підстанції будуються під землею або інтегруються в комплекси будинків у процесі будівництва.

## **2. Виробництво сучасного елегазового обладнання та його виробництво у провідних зарубіжних компаніях.**

Проектуванням, виробництвом, інноваційним оновленням та постачанням елегазового обладнання у світовій енергетичній сфері активно займаються ряд провідних компаній, зокрема, **ABB (Швейцарія), Siemens (Німеччина), AREVA (Франція), ALSTOM (Франція); Merlin Gerin (Франція), Hyundai (Корея), Crompton Greaves (Індія)**, ряд інших компаній і спільних підприємств із цими та іншими компаніями в Росії, Китаї, країнах СНД, а також дистриб'ютори ряду компаній у більшості країн ОЕСР, Євросоюзу, Росії, України.

**Компанія ABB.** Завдяки орієнтації на вимоги ринку, компетенції і творчому підходу **компанія ABB стала світовим лідером**, який пропонує повний **модульний ряд КРУЕ, модульного (гібридного) обладнання** та послуги з їх технічної підтримки.

Для успішного вирішення найскладніших завдань із розроблення КРУЕ компанія вкладає значні інвестиції в науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи. Завдяки цьому нові вироби виготовляються з новітніх матеріалів із використанням сучасних технологій. Впровадження інновацій створює основу для випуску надійної продукції, побудованої на найсучасніших технічних рішеннях.

Сьогодні **КРУЕ від ABB** можна розділити на дві категорії: **напругою до 170 кВ** – майже завжди триполюсні і напругою **понад 170 кВ** – у більшості однополюсні. Важливим етапом став випуск першого у світі повнокомплектного триполюсного розподільчого пристрою **типу ELK-01** (145 кВ, 31,5 кА, 2500 А) в 1978 р. До його складу входить зручний в обслуговуванні вимикач вертикального компоновання з **автокомпресійним гасінням дуги**. У 1980 р. його замінила КРУЕ ELK-02, що відрізняється від своїх попередників більш досконалою модульною конструкцією.

Раніше у всіх КРУЕ роз'єднувачі і заземлювачі розміщувалися в окремих камерах (КРУЕ типу ELK-03, 170 кВ, 40 кА, 3150 А), а вимикачі мали гідравлічний привід. У подальшому ELK-03 було модернізовано. Для розриву струму короткого замикання стали частково використовувати енергію самої дуги, що дало можливість значно знизити енергоспоживання. З цього часу КРУЕ напругою до 170 кВ стали комплектуватися вимикачами з **автодугтям**, поліпшеними характеристиками та застосуванням пружинно-гідравлічного приводу, а також **роз'єднувачами і заземлювачами з компонованням їх у одній камері**.

У 1992 р. було розпочато виробництво **КРУЕ ELK-04** (170 кВ, 40 кА, 3150 А), яка стала більш компактною і відрізнялася абсолютно новою конструкцією з'єднань між модулями кабельного вводу та збірних шин. Завдяки новому з'єднанню значно зменшилися розміри установки, яку тепер можна розміщувати в стандартному промисловому контейнері. **КРУЕ ELK-04 залишається однією з найбільш компактних розподільчих установок напругою до 170 кВ.**

Подальший розвиток відбувався в напрямі підвищення номінальної потужності при збереженні компактності. У 1997 р. характеристики КРУЕ було покращено до 170 кВ, 50 кА та 3150 А, а в 2002 р. – до 145 кВ, 63 кА і 4000 А. До складу обладнання входять комутаційні апарати з автодугтям і пружинно-гідравлічним приводом.

Завдяки безперервному вдосконаленню КРУЕ обох типів виробу, спочатку призначені для виконання абсолютно різних вимог, у результаті **послідовної уніфікації** перетворилися на **високостандартизовану модульну систему**. До неї входять не тільки основні компоненти, такі як вимикачі, роз'єднувачі й заземлювачі, але і їх приводи. Паралельне вдосконалення цих двох багатов чому подібних установок сприяло появі єдиного виробу, що випускається сьогодні під добре відомою **маркою ELK-04**.

Навіть через 15 років КРУЕ ELK-04 залишається одним із найбільш компактних розподільчих установок напругою 170 кВ.

Подальші дослідження, викликані потребою застосування більш високих напруг для передавання електроенергії, дали змогу розробити **КРУЕ ELK-4, напругою до 800 кВ (50 кА, 5000 А)**. Ця модель зберегла компактність конструкції, завдяки чому підстанції надвисокої напруги займають порівняно невеликий робочий простір. Усі вимикачі встановлюються у вертикальному положенні, мають по чотири розриви і власні резистори з попереднім увімкненням.

У 1996 р. на основі ELK-1 було розроблено **КРУЕ ELK-14** (напругою 245 кВ, 50 кА і 4000 А). У ньому було застосовано дугогасні пристрої з автодугтям і пружинно-гідролічним приводом. Це стало видатним досягненням, оскільки **вперше гасіння дуги самопродуттям** було використано **на напругу понад 170 кВ**. Кілька років тому КРУЕ ELK-14 було успішно модернізовано з метою підвищення номінальних значень до 300 кВ, 50 кА, 4000 А. Крім того, модулі роз'єднувачів і заземлювача розміщено в одній камері.

На початку 2003 р. компанія АВВ змонтувала підстанцію 550 кВ (63 кА, 4000 А) на ГЕС «Три ущелини» в Китаї, яка залишається найбільшою підстанцією з КРУЕ у світі. Вимикачі було встановлено горизонтально та обладнано пружинно-гідролічними приводами типу НМВ.

Останнім досягненням компанії АВВ стало розроблення **ELK-5** напругою 1100 кВ (63 кА, 6000 А) – **найкомпактнішого у світі КРУЕ надвисокої напруги**, у конструкцію вимикача входять чотири послідовно горизонтально з'єднаних розривів, з паралельно увімкненим резистором.

**Модульне комутаційне обладнання.** Сьогодні все розподільче обладнання, незалежно від рівня напруги, має стандартизовану модульну конструкцію. Невелика номенклатура модулів здатна забезпечувати виконання широкого ряду технічних вимог при їх установленні на ВРУ. Це стосується не тільки основних компонентів, таких як вимикачі, роз'єднувачі й заземлювачі, але і їх приводів.

Вимикачі всіх видів КРУЕ, що є сьогодні на ринку, обладнано пружинно-гідролічними приводами, які також мають модульну конструкцію, що дає можливість легко погоджувати швидкість руху контактів декількох розривів, сповільнюючи їх у кінці переміщення для мінімізації механічного впливу на контактну систему. Збереженої енергії дискових пружин вистачає на виконання як комутаційного циклу (як того вимагає ряд стандартів), так і на виконання більш складних циклів без повторного заведення. Більш того, використовуючи приводи різного типу, можна забезпечити точну роботу механічно незалежного однополюсного апарата при збереженні загального керування комутаційними операціями.

Крім модулів основних компонентів і відповідних приводів, постачаються також **цифрові пристрої керування останнього покоління** відповідно до вимог комунікаційного протоколу MEK-61850.

Замовнику пропонується **комплексна система контролю та діагностики всієї електророзподільчої установки**.

**Тенденції сучасного ринку комутаційного обладнання.** КРУЕ будь-якого типу як для передавальних, так і для розподільчих мереж характеризуються **високим ступенем стандартизації обладнання та уніфікації**. Номенклатура пропонованих сьогодні модулів постійно розширюється з переходом на підвищені класи напруги, номінальний струм короткого замикання.

**Удосконалення енергетичної інфраструктури.** Основну увагу при її розробленні приділяється подальшому зменшенню обсягу елегазу та підвищенню загального коефіцієнта

корисної дії. Усі КРУЕ виготовляються за провідною машинобудівною технологією, що забезпечує простоту збирання (як на заводі, так і на місці встановлення) і поставляються в стандартних контейнерах.

Для відповідності продукції вимогам сучасного ринку, який постійно змінюється, необхідно:

- систему обладнання формувати із стандартних модулів, що дають змогу швидко та ефективно з економічної точки зору розширювати існуючі КРУЕ або легко замінювати повітряні (масляні) вимикачі елегазовими з максимальним поєднанням в одному модулі різних функцій із метою зменшення числа фланцевих з'єднань;

- продовжувати дослідження в сфері комутаційної техніки і розроблення дугогасних пристроїв високої напруги з низьким споживанням енергії приводом.

Системи КРУЕ компанії АВВ розраховано на оновлення в майбутньому, оскільки і головні ланцюги, і ланцюги керування та захисту повністю **модульні**. Це означає, що їх можна розширювати і модернізувати, коли виникне така необхідність, що забезпечує гнучку систему конструкції обладнання.

Ідеально зручний для напруг до 300 кВ модульний набір ELK-14 поєднує в собі новизну з перевіреною і випробуваною якістю – особливість, яка принесла системам КРУЕ компанії АВВ міжнародне визнання, забезпечивши:

**Надійність.** Усі частини, що знаходяться під напругою в єдиній оболонці і ефективно захищають систему ізоляції від негативних зовнішніх впливів.

**Компактність.** Комплекти пристроїв у системах ELK-14 скомпоновано настільки вдало, що для них потрібно на 40% менше місця, ніж для попередніх моделей систем КРУЕ.

**Гнучкість.** Модульна архітектура системи допускає індивідуальні рішення, які в будь-який момент може бути адаптовано до потреб споживача.

**Довговічність.** Висока якість матеріалів і виготовлення гарантує максимальний термін їх служби при мінімальних технічному обслуговуванні і ремонті.

**Економічність.** Використання алюмінієвих оболонок зменшує вагу системи, знижуючи вартість фундаментів і несучих елементів.

**Ефективність.** Попереднє збирання підсистем та строгий контроль якості спрощують остаточний монтаж і введення в експлуатацію.

**Екологічна безпека.** Значне зменшення числа фланців і ущільнень, а також компактність конструкції.

**Перспектива.** Максимальна надійність КРУЕ при мінімальному обслуговуванні – ще одна якісна особливість системи ELK-14. Модульна гнучкість конструкції дає можливість розширювати або в будь-який момент адаптувати компоновку до найбільш жорстких вимог.

**Надійні трансформатори струму і напруги.** Система КРУЕ компанії АВВ включає ефективні та надійні трансформатори струму та напруги.

**Універсальні з'єднувальні елементи.** Номенклатура виробів АВВ включає також набір сполучних елементів різних форм і розмірів, завдяки яким можна пристосовувати різні елементи підстанції практично до будь-яких вимог замовника.

**Конструкція вимикача КРУЕ ELK-14.** Конструкція вимикача, у якому для ізоляції та охолодження використовується елегаз, постійно вдосконалювалася протягом багатьох років. Базові конструкторські розробки дають змогу забезпечити:

- надійну здатність увімкнення і вимкнення для великих навантажень і струмів КЗ;
- зручний доступ до активних частин для огляду та капітального ремонту;
- низький рівень шуму;
- висока діелектрична стійкість в увімкненому і вимкненому положеннях;
- однофазне автоматичне повторне увімкнення (АПВ);
- компактний гідропружинний привід;
- безперервний самоконтроль гідравлічної системи;
- відсутність зовнішніх гідравлічних трубопроводів;
- **конструкція не вимагає обслуговування.**

**Кожен вимикач** містить три однофазних полюси, розміщених у металевій оболонці. Кожен полюс складається із приводу, колонки, дугогасного пристрою з однією дугогасною камерою і оболонки з базовою опорною конструкцією.

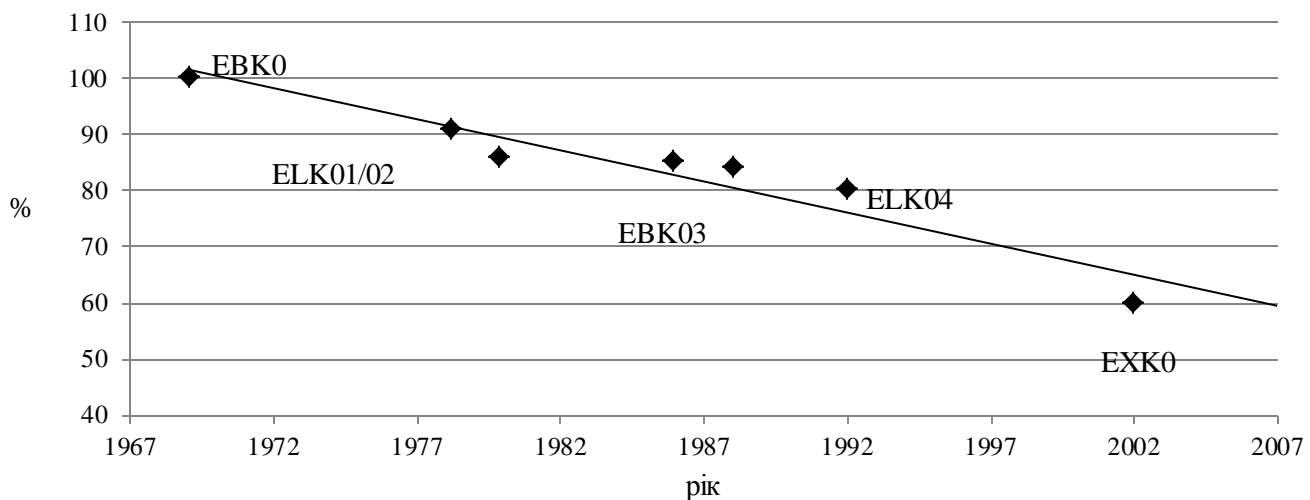
В обладнанні використовується пристрій **скидання тиску** з елегазовою ізоляцією, завдяки якому ймовірність виникнення короткого замикання, що призводить до створення дуги в КРУЕ ELK-14, надзвичайно мала. З метою безпеки та зниження наслідків для розподільчої установки усі газові відсіки КРУЕ ELK обладнано пристроєм для скидання надлишкового тиску елегазу при виникненні внутрішнього короткого замикання.

**Роз'єднувач/заземлювач має модульну конструкцію** в одній оболонці об'єднано дві функції – роз'єднувача і ремонтного заземлювача, які мають загальний привід. Його активні частини однакові для всіх варіантів і включають ізоляційний проміжок для роз'єднувача і ще один – для заземлювача. Змінна компоновка активних частин допускає до 8 різних конфігурацій. Це забезпечує високу гнучкість за найменшого числа різних деталей.

Привід має також модульну конструкцію, яка дає можливість швидко замінювати комплектацію модулів.

Обладнання пройшло типові випробування відповідно до **останніх стандартів IEC і ANSI.**

*Продовжується активна робота компанії АВВ щодо постійного зменшення обсягу елегазу у вимикачах КРУЕ. Так, у вимикачах КРУ випуску 2002р. (ЕХК0) обсяг елегазу майже на 40 процентних пунктів нижче ніж у вимикачах аналогічних технічних параметрів випуску до 1972 р. (ЕВК0).*



**Трансформатори напруги.** Вимірювальні трансформатори напруги АВВ, використовувані для захисту системи або для вимірювання комерційних показників, протягом багатьох років працюють безвідмовно, навіть у важких умовах роботи. Їх засновано на принципах електромагнітних трансформаторів, коли первинні і вторинні обмотки гальванічно відділено одна від одної.

Однополюсні індуктивні трансформатори напруги під'єднуються до КРУЕ за допомогою уніфікованого з'єднувального фланця і розділового ізолятора.

**Основні особливості:**

- використання елегазу як ізоляційного середовища в поєднанні з пластиковою стрічкою в обмотках;
- високі вторинні вихідна потужність і клас точності;
- коефіцієнт трансформації і число вторинних обмоток відповідає вимогам реальної системи КРУЕ;
- ефективне демпфування дуже швидких перехідних процесів, переданих на вторинну обмотку;
- окремий газовий відсік з контролем щільності;
- передбачено пристрій скидання надлишкового тиску;

- **не потребує технічного обслуговування.**

**Трансформатори струму.** Трансформатори струму з кільцевим сердечником концентрично охоплюють первинний провідник. Опорою для сердечника служить герметична оболонка, яка ізолюється від основного фланця для запобігання проходженню зворотних струмів через сердечники.

**Основні особливості:**

- обмотки на простому кільцевому сердечнику розташовано на головному шляху струму;
- елегаз виступає як основна ізоляція відповідно до добре відпрацьованої технології КРУЕ компанії АВВ;
- вторинні обмотки на кільцевих сердечниках розташовано поза газовим відсіком і забезпечено механічним захистом;
- ефективне демпфування дуже швидких перехідних процесів, переданих на вторинну обмотку;
- можливий будь-який клас точності, що визначається міжнародними стандартами;
- не потребує технічного обслуговування.

**Модулі серії PASS для компоновки схем ВРУ.** З появою нещодавно створеного розподільчого пристрою PASS MOS на напругу 245 кВ розширилась серія модулів PASS (Performance And Save Space – «Ефективне та економне використання площі»). Починається серія з PASS MOO на напругу до 100 кВ, далі – модулі PASS MO, які можуть бути використаними для класу напруги до 170 кВ, і згадані раніше PASS MOS, застосовувані для класу напруги до 245 кВ включно. Таким чином, модулі PASS можна **застосовувати як на передавальних, так і розподільчих підстанціях майже всіх класів напруги – 35, 110, 150, 220 кВ згідно з відповідними ДСТУ.**

Модулі PASS поєднують властивості як традиційного ВРУ з повітряною ізоляцією, так і більш сучасного КРУ з елегазовою ізоляцією в корпусі зі сплаву алюмінію, зберігаючи переваги двох різних технологій. У модулях PASS використовуються вже перевірена і випробувана технологія з елегазовою ізоляцією, а також традиційні надійні елементи ВРУ з повітряною ізоляцією для з'єднання модулів між собою.

В одному середовищі, заповненому елегазом, укладено всі апарати (крім кільцевих трансформаторів струму): вимикачі, роз'єднувачі, заземлювачі, кабельні муфти стичного типу, швидкодійні заземлювачі, елегазові трансформатори напруги або датчики напруги, шафа керування.

Один модуль PASS об'єднує в собі всі стандартні функції повністю укомплектованих комірок підстанції з повітряною ізоляцією напругою до 245 кВ і займає об'єм, що дорівнює об'єму одного традиційного вимикача такого самого класу напруги.

Така комірka має значні переваги і розширює основні принципи експлуатації обладнання серії PASS, що дало можливість успішно впровадити більше 2000 систем в різних регіонах світу.

Переваги застосування модулів PASS:

- порівняно недорогі системи шин розподільчих установок із повітряною ізоляцією;
- підтримується традиційно висока надійність, контакти роз'єднувачів перебувають у елегазі;
- обладнання з високою надійністю забезпечує зниження вартості терміну служби;
- використання високонадійних заземлювачів, аналогічних як у КРУЕ, дає змогу оптимізувати кількість комутаційних елементів;
- значно спрощується технологія та час монтажу.

Компанія АВВ забезпечує високий рівень заводського збирання з високою якістю та відповідною гарантією.

Передбачено **застосування моніторингу та схем оперативної діагностики** на основі інтегрованого електронного моніторингу, оперативного, дистанційного та діагностичного аналізу.

Модульна побудова підстанцій на основі PASS забезпечує значну економію при проектуванні і конструюванні, передбачає безліч варіантних рішень при використанні стандартних компонентів; знижено ризик помилок при проектуванні.

Усе це забезпечує зведення до мінімуму необхідності в технічному обслуговуванні (обслуговування лише за вимогою), низькі показники витрат на придбання, обслуговування, експлуатацію, виведення з роботи і переміщення, а також екологічно чисте перероблення/утилізацію після закінчення терміну служби.

**Універсальність серії PASS виділяє її серед конкурентів у сфері обладнання високої напруги.** Серія PASS пропонує цілий ряд модулів для підстанцій високої напруги:

- одинарна система шин (SBB);
- подвійна система шин (DBB);
- подвійний вимикач (DCB, тільки для PASS MO і PASS MOS).

Комплект PASS також може бути виготовленим у вигляді **мобільної високовольтної комірки** для розміщування на пересувній платформі тимчасового використання при проведенні аварійних або ремонтних робіт на існуючих комірках PASS MO.

**PASS MO** – це тип серії, що знаходить найбільше замовників. Завдяки своїм властивостям (компактність, модульна конструкція і надійність) його відразу ж було прийнято на електротехнічному ринку. Модулі PASS MO зовнішнього і внутрішнього установалення працюють як у пустелі (Аравія), так і в Арктиці (Росія), на дахах будинків (Польща) і під землею.

Гнучкість конструкції модуля PASS MO дає змогу реалізувати такі конфігурації схем:

- з одинарною системою шин (SBB);
- з подвійною системою шин (DBB);
- транзитна підстанція (IOS);
- з подвійним вимикачем (DCB).

Завод ABB в Італії є лідером серед заводів ABB із виробництва мобільних підстанцій типу PASS MO, може надавати комплексні рішення, задовольняти всі вимоги замовника.

У мобільних підстанціях ABB забезпечено всі необхідні функції для постачання електроенергії в стратегічно важливі райони, де важко побудувати стандартну підстанцію або коли необхідна додаткова потужність у період максимальних навантажень.

Завдяки великому досвіду та «ноу-хау» виробництва, ABB може надавати послугу з постачання PASS MO «під ключ», яка включає проектні і конструкторські роботи, складання, проведення випробувань на місці установалення і гарантійне обслуговування.

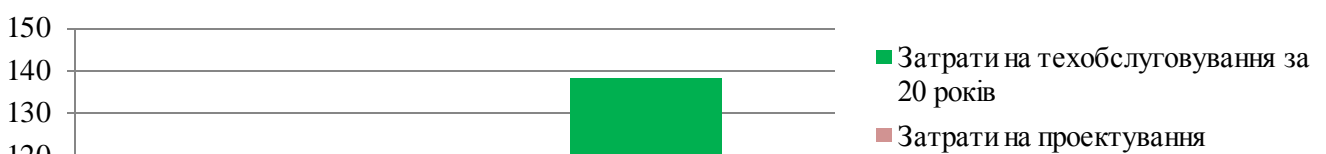
**Технологія PASS є екологічно чистою.** Модулі проектуються відповідно до принципів PASS, поєднуючи функціональність і надійність систем із використанням матеріалів з незначним впливом на навколишнє середовище. Усі матеріали, використовувані для традиційної комірки (сталь для опор, фарфорові/полімерні (силіконові) ізолятори, бетон для фундаменту, мідь для провідників, а також алюміній для об'єднання компонентів тощо) повністю вилучено або зведено до мінімуму. Оскільки із самого початку проектування модулів типу PASS приділялося більше уваги питанням **мінімізації повної вартості терміну служби** та впливу на навколишнє середовище, це знайшло втілення в конструкції. Порівняно з традиційним обладнанням з повітряною ізоляцією вони надійно виконують ті самі функції та екологічно безпечні. У технології PASS досягнуто таких результатів:

- витрати на техобслуговування знижено на 38%;
- займану площу скорочено на 70%;
- загальні експлуатаційні витрати зменшено на 60%;
- кількість необхідного елегазу знижено на 80%.

Якщо говорити про підстанції в цілому, то застосування модулів PASS для ВРУ з 5 комірками, зібраними за схемою «місток» («Н»), призводить до зниження повної вартості терміну служби більше ніж на 30%. **Стандарти CEI 56-13**, які посилаються на стандарти MEK 300-3, використовують як керівництво при розрахунку повної вартості терміну служби устаткування.

PASS є більш надійним, оскільки дуже мала ймовірність його відмови. Крім того, він рідше потребує обслуговування протягом усього терміну експлуатації, а ремонтні роботи, виконується за їх необхідності набагато швидше та з відносно малими затратами.

### Основні вартісні характеристики



**Обмежувачі перенапруг 300 кВ** використовуються для захисту КРУЕ і підключених до них кабелів, трансформаторів тощо від будь-яких видів перенапруги. Ці пристрої мають такі особливості:

- відсутність іскрових проміжків;
- високий ступінь поглинання енергії;
- ізоляція за допомогою елегазу;
- не вимагають технічного обслуговування;
- високий рівень якості, який відповідає стандарту ISO 9001.

Компанія АВВ поставляє **з'єднувальні елементи всіх форм і розмірів**: хрестовини і трійники, що як і прості прямі комірки, є ланками, що з'єднують окремі елементи КРУЕ. Компенсатори різних типів поглинають теплове розширення, вібрації в процесі роботи і допуски на довжину окремих компонентів. Більш того, поперечні демонтажні вузли гарантують безпроблемне збирання і демонтаж. До набору елементів для КРУЕ компанії АВВ входять з'єднувальні елементи для периферійних пристроїв, такі як вводи «елегаз-повітря», оболонки для кабельних виводів і оболонки для трансформаторних виводів.

**Якість устаткування АВВ.** Заводом АВВ за власною ініціативою було проведено комплексну сертифікацію системи якості, систем керування станом навколишнього середовища та охороною праці з метою зниження впливу виробничих процесів на стан навколишнього середовища та вдосконалення охорони праці співробітників.

Систему якості сертифікованою за **міжнародним стандартом ISO 9001 з 1992 року**, а система керування станом навколишнього середовища – **відповідно до стандарту ISO 14001 з 1998 року**.

Остаточні заводські випробування підтверджують, що вироби компанії відповідають специфікації замовника і вимогам міжнародних стандартів, а саме:

МЕК 62271-203 - КРУЕ.

МЕК 60694 – Високовольтний розподільчий пристрій.

МЕК 62271-100 - Вимикачі.

МЕК 62271-102 - Роз'єднувачі/ заземлюючі ножі.

МЕК 60044-1 - Трансформатори струму.

МЕК 60137 - Вводи.

МЕК 61462 - Ізолятори.

**Сервісне обслуговування.** Завдяки продуманій структурі сервісних підрозділів АВВ надає замовникам повну технічну підтримку протягом усього періоду експлуатації обладнання, а саме: удосконалення і ремонт існуючих установок, аналіз і діагностику стану модулів, зниження вартості терміну служби обладнання, навчання і підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, а також екстрену допомогу в аварійних ситуаціях.

**Компанія ЗАТ «Шнейдер Електрик» (Schneider Electric)** – входить до числа лідируючих світових компаній у сфері виробництва високовольтних вимикачів і керування електроспоживанням.

У 2009 р. оборот компанії становив 15,8 млрд. євро при штаті понад 100 тис. співробітників в 100 країнах світу. У складі компанії – 207 заводів, а також науково-дослідні центри у 25 країнах. Компанія продає продукцію в 190 держав світу.

Світовий рейтинг устаткування **Schneider Electric: 1 місце** у світі з виробництва низьковольтної розподільчої й пускорегулюючої апаратури; **2 місце** – з виробництва електроустаткування середньої напруги; **3 місце** – з виробництва електроустаткування для автоматизації в промисловості.

За даними на кінець 2008 р. основний обсяг продажу Schneider Electric припадає на розподільче устаткування (близько 60%).

У сфері виробництва, передавання й розподілу електроенергії компанія **постачає устаткування торговельної марки Merlin Gerin** і здійснює реалізацію проектів «під ключ», у тому числі КРУЕ, високовольтних комутаційних апаратів, комірок КРУ, вимикачів, роз'єднувачів, трансформаторів, цифрових пристроїв і систем захисту, контролю й керування.

**Комутаційне устаткування середньої і високої напруги.** Виробники комутаційного устаткування (Merlin Gerin) використовують унікальні діелектричні та ізоляційні властивості елегазу в комутаційному устаткуванні середньої та високої напруг.

**Елегазові вимикачі серії:** LF1, LF2, LF3, ISF2, ISF2 40,5 напругою від 10 до 40,5 кВ.

**ISF2** – елегазовий вимикач на номінальну напругу до 40,5 кВ, трифазний комутаційний апарат, що складається із трьох ізольованих полюсів, установлених на єдиному шасі. До його складу входять такі основні елементи:

– захисна оболонка кожного полюса, що представляє собою систему під тиском, ізольовану від зовнішнього середовища; герметичний блок, наповнений елегазом (SF<sub>6</sub>) під порівняно низьким надлишковим тиском (0,15 МПа);

– привод вимикача типу GMh з енергонакопичувальним пристроєм;

– багатоконтактний роз'єм, використовуваний для приєднання вторинних ланцюгів;

– пристрій з автодіагностики для постійного контролю зношування полюсів.

Кожен полюс, що перебуває під надлишковим тиском, **оснащено дисками безпеки й діагностичною системою для здійснення постійного контролю тиску елегазу.**

Використання технології дугогасіння в елегазі дає змогу зведення до мінімуму комутаційних перенапруг та уникати пошкодження електротехнічного устаткування.

Для розподільчих мереж напругою 6, 10 кВ Schneider Electric пропонує застосування вимикачів, заснованих як на елегазовій, так і вакуумній технологіях гасіння дуги. Критерій вибору залежить від типу навантаження споживачів підстанції.

**Безпечність.** У вимикачах серії LF, усі три фази розташовано в єдиному корпусі, не чутливому до умов навколишнього середовища й заповненому елегазом при низькому надлишковому тиску. Кожний вимикач має мембрану безпеки, дія якої захищає оператора при підвищенні тиску всередині полюса.

Застосовуваний принцип дугогасіння, заснований на техніці обертання дуги й ефекті температурного розширення елегазу, забезпечує надійне гасіння дуги при вимкненні номінальних струмів, у тому числі ємнісних та індуктивних, більших від струмів коротких замикань, а також низький рівень комутаційних перенапруг. Крім того, безпека і надійність експлуатації



електроустановки гарантовано надійним вимкненням номінальних струмів за номінальної напруги навіть **при порушеннях герметичності камери вимикача і нульовому надлишковому тиску.**

**Надійність** роботи вимикачів забезпечує механічний пружинний привід з акумулюванням енергії, необхідної для вимкнення й наступного увімкнення вимикача.

Спостереження за парком усіх установлених вимикачів (понад 180 000 у 80 країнах світу) протягом 30 років дало змогу встановити середній час наробітку на відмову – 2800 років, що відповідає **чотирьом відмовам на 10 000 вимикачів у рік.**

Накопичений досвід виробництва та експлуатації елегазового комутаційного устаткування, використання сучасних систем контролю якості в процесі його виробництва, а також спеціального технічного рішення забезпечують герметичність дугогасильної камери і підтримку технічних параметрів вимикача на рівні номінальних **протягом 30 років експлуатації.**

**Механічний і електричний ресурс** вимикачів серії LF є більш високим порівняно з вимогами норм МЕК. Спеціальними випробуваннями на механічну та електричну міцність відповідно до вимог норм МЕК, підтверджено їх високу надійність і довговічність – не менш ніж 10 000 операційних циклів при номінальному струмі та 40 вимкнень номінальних струмів коротких замикань (25 кА).

**Експлуатація вимикача** при номінальних технічних умовах не **вимагає обслуговування** механічного приводу протягом 10 років або протягом 10 000 циклів ВВ. Дугогасильна камера вимикача не потребує обслуговування протягом усього терміну експлуатації.

**Екологічна безпека.** Вимикачі серії LF розроблено й виготовляються з урахуванням вимог з охорони навколишнього середовища: матеріали, ізоляційні та струмопровідні компоненти є екологічно чистими, замінними і підлягають утилізації; елегаз може бути повторно використаним після відповідного оброблення.

Критерії безпеки засновано на стандартах МЕК 376 із захисту персоналу й навколишнього середовища.

**Система контролю якості.** Кожний вимикач проходить ретельні систематичні заводські випробування з метою перевірки якості й відповідності типовим характеристикам: герметичності; правильної роботи механічних частин і блокувань; діелектричним властивостям; властивостям опору головних контактів тощо.

Комплексні рішення з розроблення і модифікації вимикача, система контролю якості заводу-виготовлювача **сертифіковано французькою асоціацією з контролю якості (AFAQ) на відповідність ISO 9001 і ISO 9002.** Вимикачі серії LF успішно пройшли типові випробування на відповідність вимогам норм МЕК 56 і ДСТУ 687.

Користувачеві надається відповідна інформація для можливих умов експлуатації, обслуговування тощо. Для безпеки персоналу й навколишнього середовища **ремонт (особливо капітальний) виконується компанією Schneider Electric (або під її наглядом) у спеціальних сервісних центрах.**

**Компанія Siemens AG (Німеччина)** – потужний міжнародний концерн, що працює у сфері електротехніки, електроніки, енергетичного устаткування, транспорту і транспортного машинобудування, медичного обладнання то світлотехніки, а також спеціалізованих послуг у різних галузях промисловості, транспорту і зв'язку.

До складу компанії входять **виробництво, установка і сервісне обслуговування елегазового обладнання напругою від 10 до понад 800 кВ і вище**, у тому числі КРУЕ, вимикачі, вимірювальні трансформатори тощо. Компанія також займається виробництвом, встановленням і сервісним обслуговуванням **газоізольованих ліній електропередавання високої напруги**, яких введено в експлуатацію понад 80 км.

КРУЕ типу 8DQ1, що випускається компанією, є результатом постійного процесу модернізації та оновлення конструкції розподільчих електроустановок, що дало змогу довести їх рівень напруги до 550 кВ. Завдяки своїй економічності, високій експлуатаційній надійності, герметизації, обмеженим експлуатаційним витратам і експлуатаційній готовності високого ступеня КРУЕ типу 8DQ1 сьогодні є одним з найбільш популярних розподільчих

електроустановок у світі, виділяється серед них особливо гнучкими можливостями використання, підвищеною безпекою, надійністю та економічною ефективністю.

За майже 40 років компанією випущено понад 17 000 КРУЕ у всіх кліматичних зонах світу в діапазоні напруг від 72,5 до 800 кВ.

Компактна конструкція КРУЕ дозволяє встановлювати їх у приміщеннях з обмеженою площею, у підвалах висотних будинків, у магазинах або на промислових підприємствах, на перших поверхах історичних будинків або в мобільних контейнерах. Бакова конструкція забезпечує захист від дотику до струмоведучих частин і робить їх стійкими до впливів навколишнього середовища. Завдяки своїй **високій якості КРУЕ практично не вимагає технічного обслуговування**. Високий ступінь електромагнітної сумісності гарантує надійний захист персоналу та навколишнього середовища. **Модульна конструкція** системи дає змогу реалізовувати гнучкі рішення, а також надає всі можливості для її подальшого розширення і застосування на ВРУ з різною комбінацією схем підключення до ошиновки.

**Компанія AREVA T&D** – світовий лідер у сфері устаткування і систем для передавання та розподілу електроенергії. AREVA T&D, входить до складу промислової групи AREVA (Франція), основним напрямом діяльності якої є проектування, поставки та комплектація обладнання для атомної енергетики. Обороти концерну у 2008 р. становив 18,7 млрд євро, чистий прибуток – 1,1 млрд євро.

Компанія виробляє первинне комутаційне обладнання: силові вимикачі (елегазові, вакуумні), роз'єднувачі, силові й розподільні трансформатори (масляні, сухі), трансформатори струму й напруги, ОПН напругою 10 - 800кВ, КРУЕ напругою 10-35 кВ.

Висока якість і рівень надійності обладнання, що виготовляється AREVA, відповідає сучасним вимогам і технологіям, контролюється діючою на заводах сертифікованою системою керування якістю відповідно до міжнародного стандарту ISO 9001-2000.

Заводи компанії AREVA T&D розташовано в 43 країнах, офіси продажу обладнання – більш ніж в 100 країнах світу.

У 2010 р. компанію Areva T&D було придбано компаніями **Alstom i Schneider Electric**.

**Компанія ALSTOM (Франція)** є лідером на ключових ринках комутаційного обладнання (роз'єднувачі, елегазове розподільче устаткування), у сфері виробництва і передавання електроенергії, **розроблення та виробництва високовольтних комутаційних апаратів**, у тому числі елегазових, що відповідають вимогам світових стандартів та реалізуються у більш ніж 120 країнах світу. У 2009 р. обороти компанії становив понад 3,5 млрд євро.

На запит замовника компанією реалізуються будь-які конструктивні рішення щодо виробництва високовольтних елегазових вимикачів колонкового типу серії S1 напругою 72,5 – 145 кВ.

Стандартний силовий вимикач фірми ALSTOM складається з базової рами з трьома полюсними колонками. У полюсних колонках силових вимикачів запроваджено **камери третього покоління із системою гасіння дуги автодугтям**, що у сполученні із застосуванням пружинних приводів закладено в основу розроблення вимикачів підвищеної надійності типу GL. Полюсні колонки та приводи силових вимикачів фірми ALSTOM відповідають діючим стандартам на комутаційне обладнання. При триполюсному керуванні вони оснащуються керуючим пристроєм SynCR1, а при однополюсному – пристроєм SynCR3.

Компанією освоєно виробництво високовольтних елегазових вимикачів колонкового типу **серії GL (35-110 кВ) нової технології для ОРУ**. Вимикачі серії GL308 та GL 313 використовують більш сучасний механізм дугогасіння.

Високовольтні елегазові вимикачі бакового типу **серії DT1 (110 кВ)** розроблено для підстанцій і ліній передавання, силових трансформаторів, та відкритих розподільчих установок з ошиновкою.

**Компанія Crompton Greaves (Індія).** Операції компанії пов'язані з постачанням обладнання для енергетики, забезпечують річний оборот понад 2 млрд дол. Компанія зберігає свої лідируючі позиції на внутрішньому ринку, а також поставляє свою продукцію більш ніж в 60 країн світу.

Основна номенклатура продукції компанії – це елегазові розподільчі установки, елегазові вимикачі, маломасляні силові трансформатори, трансформатори струму і напруги, системи автоматики та захисту мереж, двигуни, турбіни, приводи тощо.

Унаслідок розширення та розвитку компанія Crompton Greaves використовує виробничі бази в Бельгії, Канаді, Угорщині, Індонезії, Ірландії, Франції, Великобританії і США, як додаток до більше ніж двадцяти заводів у Індії. Сьогодні в компанії працюють понад 8000 співробітників.

Crompton Greaves інвестує в сучасні проекти, працює над поліпшенням якості своєї продукції. Одним з основних продуктів компанії є автоматичні високовольтні елегазові вимикачі, що працюють в діапазоні напруг від 60 до 800 кВ.

Починаючи з 1983 року більш ніж 13000 елегазових вимикачів виробництва компанії «Crompton Greaves», що працюють у широкому діапазоні напруг, було введено в експлуатацію в багатьох країнах світу з різними експлуатаційними умовами.

Обладнання та системи виробництва і контролю якості компанії сертифіковано за стандартами ISO 9001, 14001, відповідними ГОСТ і пройшло випробування в таких престижних лабораторіях, як CESI (Італія), KERI (Півд. Корея).

Компанія «Crompton Greaves» виробляє елегазові вимикачі типу SFM з механізмом «пружина-пружина» для відкритих розподільчих установок в робочому діапазоні напруг від 72,5 до 245 кВ. Комутація обладнання цього типу забезпечується приведенням в рух механізму пружин, керування якими здійснюється за допомогою електричного двигуна, а також, за необхідності, механічним способом. Обладнання, побудоване на даному типі приводу, працює надійно. Вимикачі мають конструкцію дугогасіння з використанням двухпотокового розпилення під час переривання струму, що забезпечує високу експлуатаційну надійність і безпеку для ізоляції обладнання та ліній електропередавання.

Елегазові вимикачі компанії успішно працюють в умовах ліквідації короткого замикання на лінії електропередавання, високих пікових навантажень, що виникають при несинхронних перемиканнях. Низькі струми перемикання конденсаторних батарей, струм намагнічування трансформатора, зарядний струм кабелю/лінії електропередавання перериваються плавно без виникнення будь-яких коливань напруги.

Обладнання не потребує додаткових регулювань при монтажі, забезпечує низький рівень експлуатаційних витрат та шуму.

Залежно від сфери застосування елегазові вимикачі серії SFM поділяються на два типи:

-трифазні вимикачі з автоматичним повторним увімкненням, з одним загальним механізмом – для трансформаторних конструкцій;

-одно/трифазні вимикачі з автоматичним повторним включенням-відключенням, з трьома окремими пружинними механізмами (для кожної фази) – для застосування на ВРУ і лініях електропередавання.

Необхідні **контрольні випробування**, передбачені стандартом ІЕС 56, здійснюються на вже зібраних елегазових вимикачах на власному підприємстві. Додатково до випробувань, зазначених у ІЕС, по кожному вимикачу здійснюється перевірка витоку газу, швидкісних і часових параметрів а також параметрів газового тиску.

Випробувальну лабораторію компанії «Crompton Greaves» повністю обладнано необхідним новітнім випробувальним обладнанням:

– випробувальним трансформатором 600 кВ з логічним контролером MUR 24A;

– високоточним детектором витоку газу (з можливістю виявлення витоку газу навіть у 1 мільйонній частині речовини);

– багатоканальним аналізатором швидкісних/часових параметрів вимикача тощо.

Комплексне **тестування елегазових** вимикачів перед їх відправленням замовнику гарантує безперебійну експлуатацію обладнання на об'єктах електроенергетики.

### 3. Висновки Міжнародної Ради по великим електроенергетичним системам (CIGRE) на основі аналізу надійності, терміну експлуатації та технічного обслуговування елегазового обладнання.

Пропоновані висновки ґрунтуються на проведеному CIGRE системному опитуванні 80 користувачів КРУЕ із 30 країн з охоптом 2115 установок, 13696 секцій-вимикачів та 118483 секцій-вимикачів-років та послідовному аналізі з відповідними висновками. Створено відповідну базу даних частоти відказів та, відповідно, надійності, якості та терміну експлуатації КРУЕ.

Найбільш розширено проаналізовано два регіони – Європа та Японія разом з практично всіма регіонами світу. Зокрема, в Європі – 16 країн, Азії – 7 в інших регіонах по 2-3 країни.

Незважаючи на те, що технології комплектних розподільчих установок з елегазовою ізоляцією за останні 30 років отримали значне розповсюдження в світовій енергетичній практиці, підходи до їх широкого застосування у більшості енергосистем продовжують залишатися індивідуальними – найбільш широко вони застосовуються в електроустановках відповідних типів та класів\* напруги.

#### Процентне співвідношення користувачів та установок за регіонами (%)

Регіон, кількість	Всього	Азія, Австралія без Японії	Японія	Північна Америка	Південна Америка	Африка	Європа
Користувачів	80 од.	18	13	8	3	3	55
КРУЕ	2115 од.	10	57	2	1	3	27
Секцій-вимикачів	13698 од.	8	56	3	2	1	30
<b>За класами напруги</b>							
Клас напруги (1-6)		1	2	3	4	5	6
Кількість Користувачів, одиниць		28	79	45	26	14	1
КРУЕ, комплектів		50	29	13	5	3	0,1
Секцій-вимикачів, одиниць		50	28	13	5	4	0,2

Аналіз CIGRE показує, що технології КРУЕ найбільш ефективно сприяють підвищенню надійності **нових підстанцій** та покращенню характеристик основного життєвого циклу на вже діючих підстанціях, особливо при необхідності їх розширення в умовах обмежених територій.

Для експертної оцінки ефективності застосування обладнання КРУЕ в умовах конкретної енергосистеми та енергетичного об'єкту споживач на основі технічних та економічних

#### \* Класи напруги за міжнародною класифікацією

клас	напруга	клас	напруга
1	$60 \leq u < 100$	4	$300 \leq u < 500$
2	$100 \leq u < 200$	5	$500 \leq u < 700$
3	$200 \leq u < 300$	6	$u \geq 700$

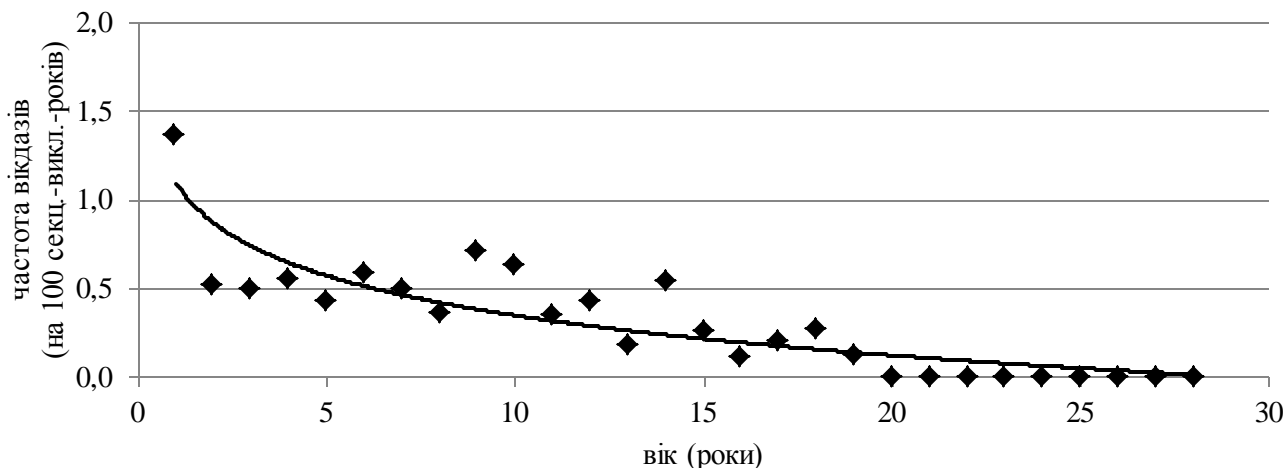
характеристик обладнання має оцінити очікувані витрати на придбання, установку та експлуатацію обладнання.

Отримані дані аналізу розподіленні в залежності від рівня напруги, класу напруги, типу виконання та терміну експлуатації електроустановок.

**Частота відказів** По всіх видах КРУЕ частота відказів складає біля 0,75. На 100 секцій вимикачів-років – від 0,5 відказу в класі напруги 1 до 2,81 – в класі напруги 4. На основі аналізу встановлено, що нові сучасні КРУЕ являються найбільш надійними (в 1,2-1,9 раза). При цьому відмічено **вищий рівень надійності КРУЕ зовнішньої установки**. Встановлено, що **частота**

**крупних відказів** на більшості КРУЕ взагалі практично не відмічена. При цьому мало місце не більше одного відказу на 7% КРУЕ, а число відказів від 2 до 5 складає від 1 до 5%. З виведеної U-образної тенденції частоти відказів відмічено можливість їх виникнення у **першій половині терміну експлуатації** при подальшому продовженні періоду знижень числа відказів на протязі послідуочих 15-20 років.

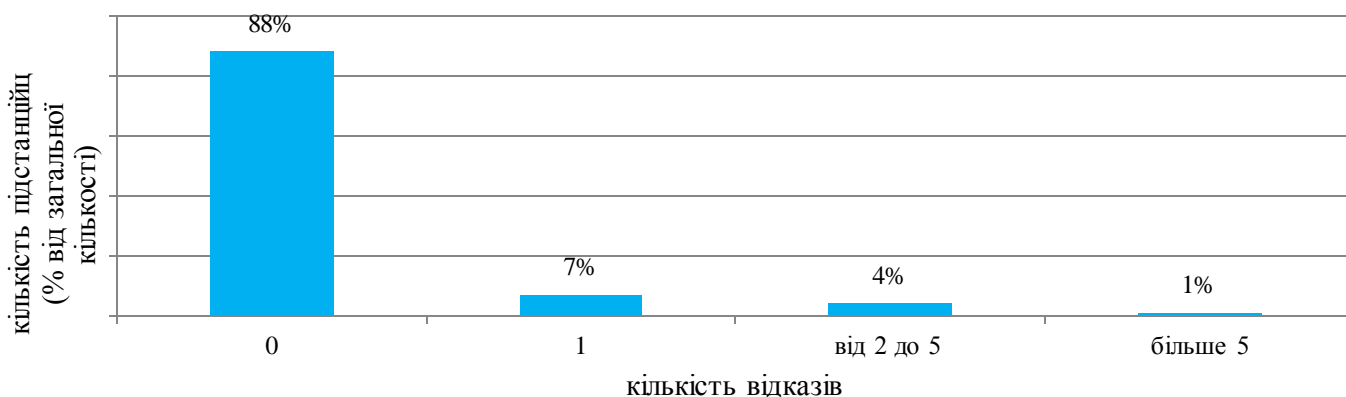
**U-образна оцінка відказів, розрахована для всієї сукупності КРУЕ по всім регіонам,**  
(не враховано дані одного споживача з застарілим обладнанням)



Джерело: «Отчет CIGRE о втором международном исследовании опыта эксплуатации высоковольтных подстанций с элегазовой изоляцией (КРУЭ)»

**Характеристики відказів.** Основними компонентами обладнання з найбільшою кількістю відказів є вимикачі, шини/шинопроводи та роз'єднувачі. Значна частка відказів була обумовлена несправністю приводу. При цьому відкази, як правило, супроводжуються закороченням через ізоляцію на землю на компонентах під високою напругою та основних контактах при відсутності переключень.

Процентне співвідношення КРУЕ, на яких мало місце від 0 до 1, від 2 до 5 та більше 5 відказів наведено нижче:



Джерело: “Отчет CIGRE о втором международном исследовании опыта эксплуатации высоковольтных подстанций с элегазовой изоляцией (КРУЭ)”

Найбільш часті види ремонту обладнання після відказів – заміна відмовного компоненту обладнання. За повідомленнями споживачів найбільш часті відкази обумовлені помилками, допущеними виробниками обладнання. Найбільш можливі наслідки відказу – виведення з експлуатації однієї секції вимикача.

**Планові та повні** профілактичні техогляди обладнання особливо не відрізняються та проводяться в основному в **інтервалі 7-12 років відповідно**. Планове техобслуговування проводиться споживачем. **Повне техобслуговування**, як правило, виконується силами виробника.

Засоби **моніторингу** стану обладнання впроваджено в 30% споживачів з щорічним нарощуванням сучасних автоматизованих систем моніторингу як стану обладнання, так і можливого зниження тиску та часткової втрати елегазу.

**На основі огляду встановлено:** фактичний середній вік секції вимикача – 8,7 років, максимальний 29 років. Старіння обладнання, що спричинило би зростання кількості відказів не встановлено.

В більшості споживачів **очікуваний термін служби складає 30-50 років для вже встановлених КРУЕ.**

На сьогодні ще практично відсутні КРУЕ що досягли кінцевого терміну експлуатації. Більше 50% споживачів планують модернізацію діючих та подальше нарощування кількості КРУЕ.

**Охорона навколишнього середовища.** Встановлено, що герметичність елегазового ущільнення значно перевищує встановлені міжнародними стандартами значення (ISO-9001).

В більшості випадків вивільнення елегазу не перевищує 0,5% за рік і в процесі експлуатації зростає незначно. Виробники КРУЕ в своїх сучасних оновлених технологіях гарантують значно нижчі можливі обсяги **вивільнення елегазу – 0,5% замість встановлених стандартом 1%.** За оцінкою передових фірм (ABB, Siemens та інших) реально подальше зниження можливих вивільнень елегазу до 0,1%. Для цього в сучасних конструкціях обладнання застосовуються **більш ефективні системи елегазового ущільнення та засобів для проведення операцій з елегазом.**

Більше 65% споживачів повідомили, що у них не відмічено проблем з електромагнітними явищами.

#### **Рекомендації CIGRE.**

1. Виробники і споживачі мають разом виробити **єдину політику в сфері технічного обслуговування**, як для нових підстанцій, так і вже діючих для подальшого продовження терміну їх експлуатації, підвищення економічної ефективності та надійності, що дозволить значно скоротити затрати, час простою обладнання та можливі обсяги вивільнення елегазу.

2. Рекомендовано впровадження **упереджуючого техобслуговування та пілотних інспекцій**, що дозволить суттєво збільшити термін експлуатації КРУЕ (майже до 50 років) та уникнути затрат для проведення повного техобслуговування.

3. Виробники мають продовжити роботу щодо подальшого зниження вивільнення елегазу, забезпечити збір та аналіз розходу елегазу протягом терміну експлуатації обладнання.

Сьогодні компанія ABB а також ряд інших провідних виробників організують для своїх замовників **службу підтримки операцій з елегазом**, яка зобов'язана надавати допомогу по відновленню елегазу та виконанню інших операцій з елегазом у споживача обладнання.

#### **4. Росія. Стан і перспективи розвитку та впровадження сучасного елегазового обладнання.**

В Єдиній національній електричній мережі (ЄНЕМ) Росії експлуатуються близько 30 000 вимикачів напругою від 110 до 750 кВ. Розподіл за рівнями напруги: 110 кВ – 80,5%, 220 кВ – 15,2%, 330 кВ – 1,2%, 500 кВ – 3%, 750 кВ – 0,1%. Масляні вимикачі 110 і 220 кВ становлять 23% загальної кількості встановлених вимикачів (серед них вимикачів 110 кВ – 27%, 220 кВ – 17%). Повітряні вимикачі – 18,6% загального числа вимикачів (110 кВ – 12%, 220 кВ – 35%, 330 і 500 кВ – 97%). Понад 40% масляних і повітряних вимикачів, переважно напругою 110 і 220 кВ, відпрацювали свій нормативний термін служби. У таблиці наведено динаміку заміни вимикачів, на сучасні, відповідно до Програми технічного переозброєння і реконструкції ЄНЕМ. Для заміни в першу чергу передбачається використовувати **елегазове комутаційне обладнання російського або спільного з провідними зарубіжними компаніями виробництва.**

Роки	Кількість, шт.	Частка від кількості діючих вимикачів, %
2001–2005	9017	20,0

2005–2010	3659	13,9
2011–2015	2742	10,4

Сьогодні в Росії елегазові вимикачі застосовуються в електромережах всіх класів напруги (6-750 кВ). Високу оцінку отримало елегазове обладнання зарубіжних компаній: ABB, AREVA, SIEMENS; ALSTOM; Merlin Gerin тощо.

Разом з тим темпи впровадження елегазового обладнання не відповідають світовим тенденціям – **елегазові вимикачі в загальній кількості комутаційного обладнання становлять менше ніж 1%.**

Найважливішими завданнями розвитку елегазової апаратури в Росії є:

- ліквідація відставання щодо забезпечення електричних мереж сучасним елегазовим комутаційним обладнанням при одночасному зменшенні габаритних характеристик апаратів, підвищення їх надійності, зниження вартості та зниження рівня імпортозалежності у виробництві сучасного елегазового обладнання всіх рівнів напруги;
- розроблення цифрових систем управління, діагностики і моніторингу роботи апаратів та відповідно до цього систем і методів прогнозування терміну експлуатації комутаційного обладнання;
- розроблення вимикачів із синхронним увімкненням.

Елегазове електротехнічне **обладнання нового покоління** розробляє ряд науково-дослідних організацій та підприємств Росії, у тому числі і в співробітництві з зарубіжними фірмами. Розробки виконувалися в рамках міжнародних проектів: ФГУП «Всероссийский электротехнический институт им. В.И.Ленина» (ВЭИ) – Корейський електротехнічний інститут (Республіка Корея); ВЭИ – «Кромптон Гривз» (Індія); НИИВА-"Хендэ" (Республіка Корея); ВЭИ – «Самсунг» (Республіка Корея).

ВЭИ і ВАТ «Электрозавод» (Москва) мають багаторічний досвід у розробленні різних типів високовольтних апаратів напругою 110–500 кВ у співдружності з Китайським електрокомплексом Long Yuan Electric Corporation Council, який об'єднує близько 100 електротехнічних підприємств Китаю та в співпраці з яким створено КРУЕ –126 на напругу 110 кВ з розміщенням усіх трьох фаз в одному корпусі та КРУЕ – 252 на напругу 220 кВ тощо.

ВЭИ спільно з Науково-дослідним інститутом високовольтного апаратобудування (м. Санкт–Петербург) у співпраці з компанією SIEMENS створено КРУЕ-170 кВ.

На заводі «Уралэлектротяжмаш», що входить до групи підприємств «Энергомаш», освоєно виробництво сучасних колонкових елегазових вимикачів із пружинним приводом напругою 110–220 кВ.

При розробленні нових типів елегазової комутаційної апаратури в Росії має місце комплекс проблем, основна з яких – відсутність випробувальних центрів із сучасним діагностичним обладнанням, які відповідали б світовим стандартам.

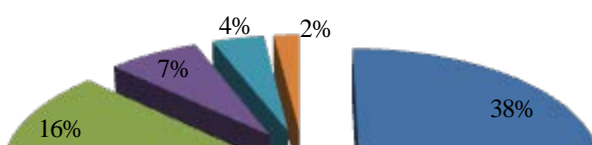
КРУЕ, окремі модулі та елементи допускають можливість компонування розподільчих установок напругою 110 кВ та вище за будь-якими схемами для відкритих розподільчих установок (ВРУ). КРУЕ номінальною напругою 110–220 кВ мають триполюсне або посполусне управління, а комірки на 500 кВ – тільки посполусне управління.

**До недоліків КРУЕ російського виробництва** відноситься застаріла технологія приводу вимикача – гідравліка. Більш сучасним і надійним типом приводу вважається пружинно–моторний, що застосовується провідними зарубіжними компаніями.

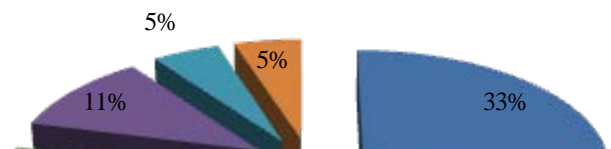
У Росії КРУЕ випускає «Энергомеханический завод» (м. Санкт–Петербург).

Сьогодні на **російському ринку** обсяги впровадження зарубіжної елегазової апаратури значно переважають використання обладнання вітчизняних виробників. Як видно із діаграм, основними постачальниками елегазового обладнання в Росію є такі крупні компанії, як ABB, Siemens, Areva, Hyundai тощо.

**Російський ринок КРУЕ  
2005-2009рр.**



**Російський ринок КРУЕ  
в 2010 р.: оцінка**



*Джерело інформації «Ейч Ді Енерго» – офіційний дистриб'ютор Hyundai Heavy Industries/Electro Electric Systems.*

За оцінкою експертів, у 2011 р. ситуація принципово не зміниться, відбудеться лише відповідний перерозподіл продажу між ведучими постачальниками.

**Використання елегазового електротехнічного обладнання і установок в електричних мережах Росії.** Російський піонер із впровадження КРУЕ – «Мосэнерго». У 1979 р. КРУЕ (одне – російського виробництва, друге – фірми ВВС) встановили на підстанціях «Элоховская» і «Свиблово». У 1980–2006 рр. у Росії введено в експлуатацію 350 КРУЕ напругою від 110 до 220 кВ. На підстанції «Бескудниково» впроваджено КРУЕ компанії Siemens, на підстанції «Очаково» – АВВ, на підстанції «Западная» – Areva. За цей період Японія, наприклад, встановила понад 7 тис. КРУЕ напругою від 77 до 800 кВ.

У ході реконструкції підстанції 35 кВ «Мельзаводская» («МРСК Волги» – «Саратовские распределительные сети») виконано роботи з монтажу КРУЕ 8DNI виробництва Siemens. Це далеко не повний перелік КРУЕ, які введено та очікуються до введення в регіональних філіалах і підрозділах ФМК (Федеральна мережева компанія) і МРМК (міжрегіональна мережева компанія). До 2012 р. передбачено введення КРУЕ на п'яти підстанціях МЭС «Северо-Запад», підстанції 330 кВ «Центральная» де буде встановлено КРУЕ 330 і 110 кВ, а також на підстанціях 220 кВ «Волхов–Северная», 220 кВ «Завод Ильича» і 330 кВ «Южная». Широке впровадження елегазового обладнання стримується економічною кризою.

Структура виробництва елегазового обладнання в країні вкрай неоднорідна як за складом учасників, так і за обсягом пропозицій. Сфери діяльності з більшим числом російських і закордонних гравців і високою конкуренцією, як наприклад, комутаційні апарати і вимірювальні трансформатори 110 – 220 кВ. В ряді сфер діяльності російські виробники практично відсутні або займають малу його частку. Це відноситься перш за все до КРУЕ, модульного елегазового обладнання напругою 220 кВ і вище.

В Росії відповідно до вимог ФМК «ЕЭС» підстанції і ВРУ напругою 220 – 750 кВ, які будуються, або реконструюються оснащуються, як правило елегазовим комутаційним обладнанням (КРУЕ або вимикачами на ВРУ). На енергооб'єктах напругою 330 кВ і вище встановлюються апарати переважно фірм AREVA і АВВ, на енергооб'єктах напругою 220 кВ – елегазові вимикачі ЗАТ «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш» і ВАТ «Электроаппарат».

**Діяльність Федеральної мережевої компанії «Единая Энергетическая Система» (ФМК «ЕЭС») з розвитку елегазового обладнання . Імпортозаміщення.**

ФМК «ЕЭС» в енергосистемах країни розпочала реалізацію політики імпортозаміщення шляхом активізації співробітництва з російськими виробниками комутаційного обладнання . **По-перше**, масштабна модернізація Єдиної національної мережі потребує постачання сучасного електротехнічного обладнання в значних обсягах, що може забезпечити лише **розвинена**



**електротехнічна промисловість**, із забезпеченням як виробництва якісного конкурентоспроможного обладнання, так і самостійного розроблення і впровадження у виробництво технологій завтрашнього дня – інноваційних рішень, обладнання і матеріалів. **По-друге**, будучи найкрупнішим замовником у галузі, **ФМК надає необхідний імпульс розвитку російського електротехпрому**, значно підтримує цей сектор російської економіки шляхом **вливання значних інвестиційних коштів**. Заміщення імпортованого електротехнічного обладнання вітчизняними аналогами дає змогу знизити капітальні витрати самої ФМК при реалізації програм нового будівництва і технічного переоснащення. До 2013 р. ФМК планує довести частку вітчизняного обладнання, яке застосовується в проектах, що реалізуються, у тому числі й елегазового обладнання, до 50%, а до 2015 року – до 70%.

Для того щоб російське обладнання відповідало сучасним закордонним аналогам, було конкурентоспроможним і економічно ефективним та екологічно безпечним за експертною оцінкою для налагодження випуску власної серійної продукції виробникам необхідно від 2 до 5 років та значні інвестиції, а також гарантовані пакети замовлень від енергосистем.

В умовах економічної кризи найбільше сприяння надається процесу заміни імпортного обладнання на російське. Однак в ряді випадків це призводить до здешевлення вартості без належного врахування рівня якості та надійності. При цьому в Росії ряд важливих елементів обладнання виробляються в незначній кількості.

На першому етапі в умовах кризи ФМК «ЕЭС» при розробленні та оптимізації витрат інвестпрограм на 2009–2011 рр. сформульовано «перелік спрощень» (в частині компромісу – ціна/якість), який передбачає затосування КРУЕ при проведенні реконструкції в умовах обмеження площадок, у тому числі з заміною комутаційного обладнання на ВРУ.

ФМК поступово вирівнює частку впроваджуваного російського та імпортного електрообладнання, керуючись вимогами щодо якості в процесі реалізації конкурентних закупівельних процедур. Сьогодні вже стає реальною можливість заміщення російськими аналогами таких видів обладнання, як вимикачі елегазові колонкові і бакові напругою 110–220 кВ, КРУЕ, елегазові трансформатори струму і напруги.

**ФМК централізовано формує технічні вимоги російським виробникам** і разом з ними організовує роботу з впровадження необхідного енергетичного обладнання у виробництво з наступною дослідно-промисловою експлуатацією і оцінюванням якості та надійності обладнання. Перш за все за тими типами електротехнічного обладнання, яке серійно не виробляється російськими підприємствами або не відповідає міжнародним стандартам (наприклад, КРУЕ 110–220–500 кВ, вимикачі елегазові бакові 330–550 кВ).

Для подолання **технологічного відставання** та сприяння розробленню і впровадженню у виробництво нових видів сучасної технологічної продукції. ФМК створює в Росії **нові інноваційні електротехнічні Центри**. Центри з розроблення і впровадження сучасних рішень для електромережевого комплексу створюються в п'яти регіонах Росії – Санкт-Петербурзі, Москві, Новосибірську, на Уралі і в Поволжі.

**ФМК забезпечує координацію та створює необхідні умови для взаємодії всіх учасників процесу: науково-технічних інститутів, проектних організацій, виробників електрообладнання.** Угоди про співробітництво укладено з виробниками Санкт-Петербургу – ЗАТ «Научно-исследовательский институт защитных аппаратов и изоляторов», ВАТ «Севкабель», ВАТ «Позитрон», ТОВ «СК «Импульс», ВАТ «ВО «Электроаппарат», ЗАТ «Электронмаш», ВАТ «Новая эра», ТОВ «НИИЭФА-Энерго». Виробники Північно-Західного регіону зобов'язані поставити на об'єкти ФМК електротехнічне обладнання в обсязі до 4 млрд рублів у 2010 р., 3 млрд рублів – у 2011 р. В основному це КРУЕ 110-220 кВ, вимикачі 110 кВ, обмежувачі перенапруги 750-110 кВ, трансформатори струму 110 кВ тощо. Аналогічні угоди про співробітництво укладено також з ведучими виробниками Уралу і Поволжя.

**ФМК «ЕЭС» визначена на 2010–2012 роки орієнтовна потреба в обладнанні, у тому числі елегазовому.**

(станом на 13.01.10)

Обладнання	Одиниця	2010 р.	2011 р.	2012 р.	Всього
------------	---------	---------	---------	---------	--------

	виміру				
Вимикачі 750-110 кВ	шт.	318	342	295	955
Трансформатори струму 750-110 кВ	шт.	890	955	824	2669
Трансформатори напруги 750-110 кВ	шт.	323	354	305	982
КРУЕ 110-500 кВ	шт.	14	16	13	43

*Джерело: Федеральна мережева компанія.*

ФМК «ЕЭС» провадить атестацію обладнання, яке виробляється зарубіжними та російськими компаніями на право його застосування в електричних мережах. Випробування і сертифікацію електрообладнання виконує ВАТ «НТЦ електроенергетики», що входить до складу ФМК, і є головною експертною організацією та створена для ведення баз даних (реєстрів) електротехнічного обладнання, технологій і матеріалів вітчизняного і зарубіжного виробництва. З 1993 р. ВАТ «НТЦ електроенергетики» акредитовано Держстандартом Росії на компетентність і незалежність, а з 1999 р. – як орган із сертифікації електротехнічного обладнання.

ФМК здійснює заходи для налагодження серійного виробництва конкурентоспроможного вітчизняного КРУЕ високого класу напруги з такими виробниками, як Всеросійський електротехнічний інститут, ВАТ «Энергомеханический завод», ВАТ «Электрозавод». ЗАТ «Энергомаш (Екатеринбург) – Уралэлектротяжмаш», завершує розроблення елегазових вимикачів надвисокої напруги – в рамках інвестпрограми ФМК у 2010–2012 р. Програмою передбачено застосування 25 таких вимикачів на підстанціях напругою 330 кВ «Артем», «Мозок» (Північний Кавказ) і напругою 500 кВ «Алюминиевая» (Республіка Хакасія).

**Організація виробництва елегазового обладнання, комплектних розподільчих установок.** Сьогодні в РФ виробляють і освоюють виробництво елегазового обладнання (комутаційного, вимірювального, трансформаторів, реакторів) до двох десятків підприємств, як і за видом діяльності розділено на три групи.

**Перша група** – підприємства, які розробляють і виробляють вітчизняне елегазове обладнання. Розроблення високовольтного елегазового обладнання сконцентровано у ФГУП ВЭИ імені В. І. Леніна, «Энергомаш (ЮК) Лимитед» (м. Єкатеринбург), ВАТ «Электроаппарат» (м. Санкт-Петербург) і ВНИИЭФ (м. Саров). «Энергомаш» поряд з виробництвом елегазових вимикачів напругою до 750 кВ і елегазових вимірювальних трансформаторів струму здійснює також розроблення цієї номенклатури високовольтного елегазового обладнання. На об'єднанні «Электроаппарат» освоєно випуск елегазових вимикачів 110 – 220 кВ і елегазових вимірювальних трансформаторів струму до 500 кВ, розробляються КРУЕ напругою 110 – 500 кВ, елегазові вимикачі напругою до 750 кВ.

**Виробництво високовольтного елегазового обладнання здійснюють:**

**ВАТ «Энергомеханический завод» (ВАТ «ЭМЗ»** м. Санкт-Петербург), який є єдиним у Росії підприємством, що випускає КРУЕ напругою 110 і 220 кВ. За останні 30 років ВАТ «ЭМЗ» випущено близько 300 комірок КРУЕ. Цей вид обладнання є найбільш сучасним за своїми технічними рішеннями і характеристиками і не поступається аналогічному обладнанню зарубіжних виробників. Окрім КРУЕ на заводі випускається обладнання з елегазовою ізоляцією для ВРУ – вимикачі бакові і трансформатори струму.

**ВАТ ВО «Электроаппарат»** (м. Санкт-Петербург) має великий досвід у розробленні і виробництві елегазового обладнання. З 1976 р. було розпочато виробництво і випробування перших радянських КРУ, а з 1986 р. – КРУ з елегазовим обладнанням. Сьогодні завершено підготовку виробництва і освоєння **серійного випуску** елегазового обладнання. До числа споживачів продукції входять енергосистеми, електростанції, у тому числі атомні, яким постачається патентно-чиста продукція з відповідною номенклатурою, що включає в себе також вимикачі мережеві елегазові напругою 110–220 кВ (ВГБ-110, ВЭК-110).

**ЗАТ «ДАК «Элегаз-Конверсия»** (засновники ВНИИЭФ і ПО МЗ «Молния») створено рішенням Міністерства РФ у 1995 р. У кооперації з підприємствами галузі займається розробленням і постачанням високовольтної комутаційно-вимірювальної апаратури (вимикачі, КРУЕ,

вимірювальні трансформатори струму, трансформатори напруги) напругою від 100 до 500 кВ. Компанія має потужний науково-технічний потенціал та підтримку (Атомэнергопроект, ВНИИЭФ, ВЭИ, НИИВА, ВАТ «ЭМЗ», ПО МЗ «Молния» тощо), а також тісно співпрацює з проектними і промисловими організаціями України, США, Швейцарії, Кореї, залучаючи їх до розробки елегазового обладнання, матеріалів, а також виконання окремих видів робіт на об'єктах. Підприємства, які входять до корпорації, мають власну наукову, конструкторську, виробничу базу і виконують сертифікаційні випробування високовольтних апаратів. Компанією розроблене і освоєно повний комплекс елегазового обладнання для підстанцій напругою 110 кВ і 220 кВ, у тому числі КРУЕ-110 кВ, КРУЕ-220 кВ. Крім того, на замовлення компаній Samsung і Hyundai розроблено і впроваджено на корейських підприємствах КРУЕ-170 кВ, КРУЕ-362 кВ, КРУЕ-400 кВ, КРУЕ-800 кВ.

Разом із компаніями Samsung, Hyundai, AZAZZ CGIT Westboro, Dilo, іншими зарубіжними компаніями, **ЗАТ «ДАК «Елегаз-Конверсія»** успішно конкурує на світовому ринку створення і постачання відповідно до вимог міжнародних стандартів сучасного елегазового обладнання для проектів різних енергетичних об'єктів, у тому числі, для АЕС Кудамкудлам (Індія) і АЕС Белене (Болгарія). Компанія постачає високовольтне обладнання з елегазовою ізоляцією за програмою розвитку атомної енергетики РФ.

У розробленні і постачанні елегазового обладнання приймають також участь ВАТ «Энергомаш (Екатеринбург)–Уралэлектротяжмаш», ВАТ «Энергомаш (Екатеринбург)–Уралтяжмаш» (м. Єкатеринбург), ФГУП «Комбинат «Электрoхимприбор», «Молния» (м. Москва) та інші підприємства.

**Друга група** – це в основному **спільні дочірні підприємства зарубіжних компаній** – ABB, Siemens, AREVA тощо, створені на території Росії, які постачають на російський ринок відповідну номенклатуру елегазового обладнання цих компаній, отримують вузли і деталі від основного виробника і здійснюють лише його складання.

Створені **спільні підприємства** ЗАТ «Шнейдер Электрик» (м. Москва), ТОВ «АББ» (м. Москва), ТОВ «АБВ Электроинжиниринг» (м. Москва), ЗАТ «АК Евроконтракт» (м. Балашиха), ЗАТ «АК T&D AREVA (м. Єкатеринбург), що здійснюють виробництво елегазового обладнання в Росії.

У грудні 2010 р. компанія **Siemens AG** уклала додаткову угоду до ліцензійного договору з Науково-дослідним підприємством загального машинобудування (ВАТ «НИПОМ»), згідно з якою організовано початок ліцензійного виробництва **КРУЕ 8DJH** напругою 7,2 – 24 кВ. КРУЕ відноситься до електрообладнання заводської готовності трьохполюсного виконання у металевих корпусах з однією системою збірних шин для розміщення всередині приміщень. Розширення КРУЕ проводиться без проведення робіт з елегазом на місці установлення, що є однією з останніх розробок компанії Siemens. ВАТ «НИПОМ» стане єдиним у Європі виробником-ліцензіатом цього обладнання. Широкий спектр схем такого обладнання дає можливість створювати розподільчі установки будь-якої складності, різних варіантів і конфігурацій.

Компанія Siemens після купівлі у компанії ВАТ «Электрoзавод» 49% акцій ТОВ «Сименс высоковольтные аппараты» має намір створити в Росії виробництво комутаційних модулів **ДТС** (Dead Tank Compact) і КРУЕ напругою 110 і 220 кВ, що дасть можливість Росії **значно знизити імпортозалежність у цій сфері вже до кінця 2011 року**. Компактні конструктивні рішення типу **ДТС** значно дешевші ніж КРУЕ і дають змогу суттєво зменшувати площу забудови.

В Росії також створено компаніями «Электрoзавод» і Siemens AG **спільне підприємство «Сименс–Электрoзавод высоковольтный Инжиниринг»**, яке з жовтня 2007 р. успішно займається реалізацією комплексних **інжинірингових проектів будівництва підстанцій напругою 110 кВ і вище**, у тому числі з елегазовим обладнанням.

**Концерн «Высоковольтный союз»**, створений у 2004 р. як міжнародний концерн шляхом злиття активів Рівненського заводу високовольтної апаратури (РЗВА, Україна) і Нижньотуринського електроапаратного заводу (НТЭАЗ, Росія), є одним із найкрупніших на пострадянському просторі виробників комутаційного і розподільчого обладнання середнього і високого класів напруги. Основними виробничими потужностями концерну є підприємства

«РЗА-Електрик» і «НТЭАЗ-»Електрик». До складу концерну також входять інжинірингові компанії Росії та України, широка мережа комерційних представництв і сервісних центрів у країнах СНД. Концерн «Высоковольтный союз» випускає повний набір вакуумних вимикачів середнього класу напруги власного розроблення.

**Третя група** – це підприємства-виробники КРУЕ напругою до 35 кВ, які для комплектації комірок комутаційним обладнанням або використовують елегазові вимикачі і вимикачі навантаження іноземних фірм, або збирають їх за ліцензіями. Зокрема, **Експериментальний завод об'ємних інженерних споруд (ЭЗОИС, м. Москва)** і **ТОВ «Калининградавтоматика»** (м. Калининград) – за ліцензіями фірми «**Shneider Electric**», **ВАТ «АББ Мосэлектротит»** – за ліцензією фірми АБВ, **ВАТ «МЭЛ»** (м. Москва) випускають елегазові вимикачі навантаження китайської фірми Chint, **Ішлейський завод високовольтної апаратури** (с. Ішлеї, Чувашська Республіка) збирає елегазові вимикачі фірми «Shneider Electric».

Інтереси електротехнічного підрозділу корейського концерну **Hyundai Heavy Industries/Electro Electric Systems в Росії представляє ЗАО «HD Energo»**, яке випускає елегазові вимикачі, КРУЕ 72,5–800 кВ, а також елегазові вимірювальні трансформатори. Частина вимикачів «Hyundai» вже атестовано ВАТ «ФМК». Компанія «Hyundai Heavy Industries» співпрацює з російськими компаніями «Енергостройинвест-холдинг», корпораціями «Союз», «Русинжиниринг», «Оптима», «Енергостроймэн».

Підприємства другої і третьої груп в основному здійснюють лише збирання елегазового обладнання.

**Моніторинг роботи елегазового обладнання.** Комутаційні елегазові апарати російського виробництва засобами моніторингу не оснащено. Зарубіжні компанії пропонують вимикачі з системами моніторингу різних фірм-виробників. Фірма AREVA комплектує вимикачі власного виробництва системами моніторингу типу CBWatch-2. Фірми АБВ, Siemens, Konsar Institut, Stompton Greaves, Mitchubishi використовують систему моніторингу JLM2 фірми ELECON International AB (Швеція). Жодна із систем моніторингу елегазового обладнання повною мірою не виконує необхідний перелік функцій контролю. Широкому застосуванню систем контролю перешкоджає висока їх вартість і складність, пов'язані з рівнем експлуатації зарубіжних установок, а також відсутність інтеграції цієї апаратури в АСУ ТП енергооб'єкта.

ТОВ «АСУ-ВЭИ» розроблено і підготовлено до виробництва прилад контролю стану елегазових вимикачів типу БМЕВ як мультипроцесорну систему у складі центрального мікроконтролера для не більше трьох периферійних мікроконтролерів з виконанням окремих функцій.

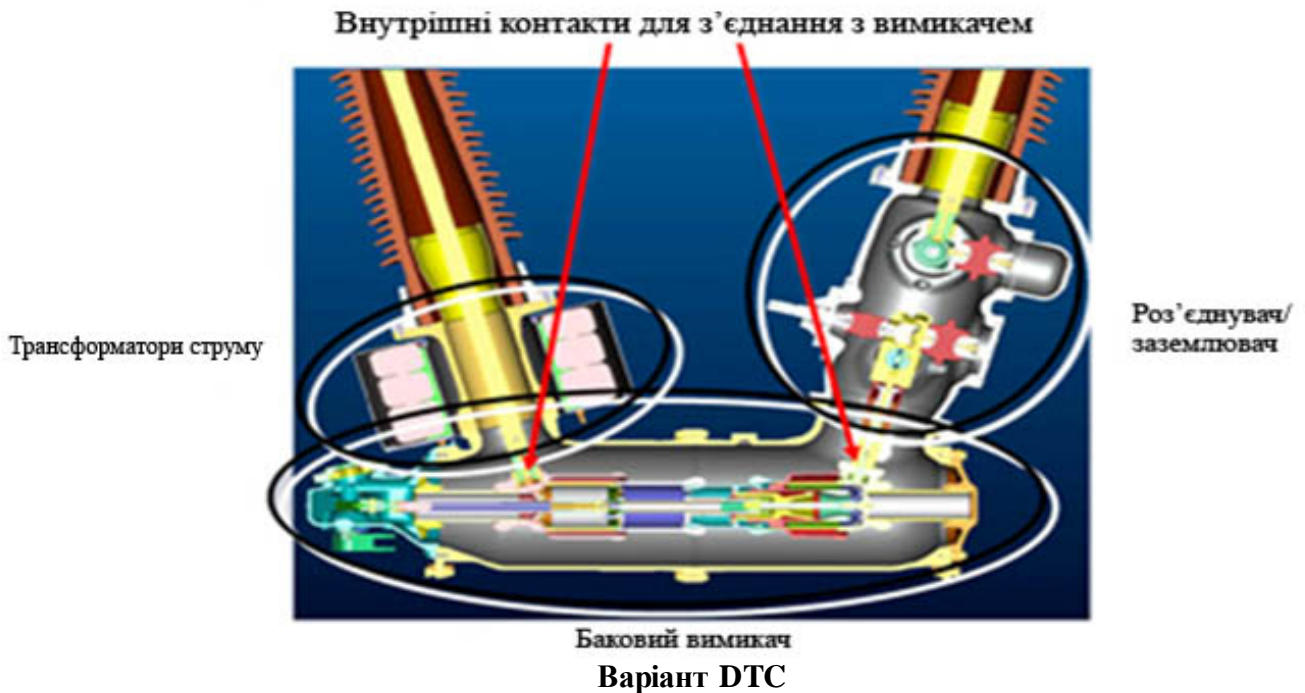
**Нові технічні рішення.** За останні роки у світовій енергетичній сфері впроваджено ряд технічних новацій, які дають змогу відмовлятися від традиційних рішень і схем компоновки підстанцій з переходом до якісно нового рівня експлуатації об'єктів. Серед такого обладнання **розробки концерну АБВ** – компактні технічні рішення **ДТС** («date tank compact») **модульного виконання**, що дають змогу отримувати:

- зниження витрат на проектування, будівництво нових і реконструкцію діючих підстанцій, а також експлуатаційних витрат при відносно зменшеній вірогідності відмови;
- підвищення надійності та безпеки експлуатації;
- скорочення терміну будівництва підстанцій;
- спрощення схем підстанцій та суттєву економію площі.

Компактне модульне рішення ДТС поєднує в собі вимикач, роз'єднувач/заземлювач, трансформатор струму, а також, за необхідності, трансформатор напруги.

У Росії для цих цілей компанією АБВ і підприємствами ЗАТ «АБВ УЭТМ» (м. Єкатеринбург) і «АБВ Электроинжиниринг» (м. Москва) розроблено і виробляються інтегровані комірочки серії **COMPAS концерну АБВ**, обладнані елегазовими трансформаторами струму і елегазовими вимикачами серії **ЛТВ**. Виготовляються також інтегровані комірочки напругою 110 і 150 кВ на номінальні струми до 3150 А і струми вимкнення до 31,5 кА за

температури навколишнього середовища до мінус 60 °С із установленням їх на відносно легкий фундамент.



Джерело інформації: [www.porland.info](http://www.porland.info).

**Модулі серії PASS** концерну АВВ є найбільш інтегрованим типом комірок на класи напруги 35–150 кВ для зовнішнього застосування за температури навколишнього середовища нижче мінус 60 °С, їх **сертифіковано для застосування в енергосистемах Росії**. Устаткування розміщено пофазно, у алюмінієвих корпусах циліндричної форми, заповнених елегазом або сумішшю елегазу та азоту. Модуль функціонально вміщує всі апарати ВРУ, займає у три рази меншу ділянку та розташовується всього на двох легких фундаментах. Термін монтажу та введення в експлуатацію не перевищує трьох змін.

**Висновки спеціалістів ОАО ФМК «ЕЭС» з питань надійності.** Групою спеціалістів та учених ОАО ФМК «ЕЭС» і ОАО «Специализированное проектно-конструкторского бюро по ремонту и реконструкции» на основі аналізу статистичних даних з експлуатаційної надійності елегазового комутаційного та іншого обладнання напругою 110-750 кВ (571 аварійних і 3849 планових невідкладних заявок, а також статистична вибірка по роботі 3860 вимикачів-років) **встановлено**, що власне **елегазовий вимикач** з приводом незначно впливає на загальні простой комірок розподільчої установки (до 10% від загального обсягу). При цьому майже в 70% простоїв комірок з вимикачем зумовлено відмовами іншого обладнання (вимірювальні трансформатори струму та напруги, роз'єднувачі тощо), а також необхідністю проведення невідкладних робіт у схемах релейного захисту, автоматики та систем АСУ ТП. З урахуванням відміченого, а також висновків CIGRE щодо частоти відказів та рівня надійності елегазового комутаційного обладнання зазначеною групою російських спеціалістів для оцінки ефективності рішень і визначення рівня надійності та технічної політики запропоновано виходити з допущення, що на долю елегазового вимикача з приводом відноситься не більше 50% можливих відказів (для приводу – до 25%), що дасть змогу **на порядок підняти оцінку рівня надійності схем розподільчих установок з елегазовим обладнанням**. Крім зазначеного, пропонується переглянути рівень затрат на впровадження сучасних систем мікропроцесорного обладнання для контролю та обліку (у тому числі АСУ ТП) в економічно обґрунтованих межах (п.4 – стор.48).

**До уваги замовників що працюють у зонах низьких температур та сильного вітру.** Встановлено що газоподібний елегаз за падіння температури нижче мінус 30°С починає

зріджуватися, тиск і щільність його знижуються, унаслідок чого його електрична міцність і, відповідно, комутаційна здатність погіршуються, що в умовах **суворої зими 2005–2006 рр. у районах Росії із температурою до мінус 55 °С** призвело до **масової блокування елегазових вимикачів**. За проектними розрахунками заводу-виробника компанії АВВ в США елегазові баків вимикачі повинні зберігати роботоспроможність при зовнішніх температурах до мінус 55°С. Досліди, проведені на заводі-виробникові за наслідками відмічених порушень і кліматичні випробування в Канаді і США, показали, що для нормального функціонування комутаційного обладнання в таких екологічно жорстких умовах **необхідні надійні технології обігрівання баків вимикачів та електроприводів**.

Додатковим до низької температури фактором, що негативно впливає на стан елегазу, є **сильний вітер**. Російські і міжнародні стандарти не передбачають випробування обладнання одночасною дією низьких температур і вітру. Разом з тим, на вимогу ВАТ «ФСК ЕЭС» попередні дослідження в таких умовах було проведено в США. Випробування підтвердили суттєвий вплив вітру при низькій температурі на вибір необхідної потужності обігріву обладнання.

У Росії встановлено вимоги до вимикачів при повній втраті живлення систем обігрівання баків протягом не менше 2 годин з метою необхідності проведення дій персоналу з відновлення живлення. Виконання цих вимог потребує **додаткового збільшення потужності обігрівання, посилення теплоізоляції та проведення відповідних випробувань** при введенні в роботу обладнання.

Крім того, за низьких температур не завжди зберігається здатність приводних механізмів здійснювати надійне увімкнення/вимкнення вимикачів. За температур, нижче мінус 40°С сталі деталі (зокрема, пружини, елементи механічних з'єднань) стають крихкими, тому актуальним є питання вибору потужності обігрівання також приводів і шаф управління для дотримання більш високих температур і випробування вимикачів на механічну роботоспроможність.

Компанія АВВ в Росії за участю російських спеціалістів на основі проведених досліджень займається розробленням конкретних конструкторських рішень систем обігрівання з відповідним уточненням проектно-виробничої документації.

Для запобігання аварійним ситуаціям у конструкції вимикача необхідно застосовувати **монітори щільності елегазу** та сигналізацію щодо її зниження з відповідним блокуванням операції вимкнення. Для попередження зрідження елегазу застосовуються зовнішнє підігрівання і теплоізоляція баків.

Відповідними стандартами МЕК передбачено також більш жорсткі вимоги до комутаційного обладнання, що працює в суворих кліматичних умовах.

## **5. Україна. Стан впровадження елегазового обладнання в електроенергетиці.**

На об'єктах електроенергетики Міністерства енергетики та вугільної промисловості України перебуває в експлуатації значна кількість повітряних і масляних вимикачів напругою 110 – 750 кВ. Так, на ПС напругою 220 – 750 кВ їх встановлено близько 2420 комплектів, з яких 30% відпрацювали свій нормативний термін служби, а понад 10% вимикачів напругою 220 кВ не відповідають струмам короткого замикання. Аналогічна ситуація склалася також на ПС напругою 6 – 10 – 35 – 110 кВ обласних енергопостачальних компаній.

Експлуатація повітряних і масляних вимикачів вимагає великих матеріальних витрат: компресорне господарство, маслогосподарство, повітроводи, запасні частини тощо. Значну кількість типів і конструкцій вимикачів знято з виробництва. Відсутність джерел постачання запасних частин ускладнюють капітальні та поточні ремонти. Недостатнє фінансування витрат на ремонти вимикачів, компресорного та масляного господарства дозволяє лише підтримувати їх у робочому стані, практично не знижуючи кількості відмов обладнання в роботі.

З огляду на це в останні роки все більш інтенсивно виконуються роботи із впровадження елегазових вимикачів напругою 110 – 750 кВ. На жаль, вітчизняна промисловість ще не виготовляє елегазових вимикачів і, мабуть, не скоро освоїть промислове їх виробництво. Тому в електромережі України сьогодні поставляються елегазові вимикачі таких провідних зарубіжних



компаній, як ABB, Siemens, Vatech, Alstom, а також спільних з ними підприємств та інших зарубіжних виробників.

Незважаючи на те що серійне виробництво КРУЕ в Україні освоєно починаючи з 70-х років, масштаби застосування їх в країні поки що не відповідають сучасним світовим тенденціям – в електромережах України встановлено всього близько 100 комірок КРУЕ напругою 110 – 220 кВ, тоді, як наприклад, в Японії в той же самий період випущено близько 7000 комірок КРУЕ напругою 77 – 800 кВ.

Незважаючи на те що в Україні розроблено КРУЕ на широкий спектр номінальних напруг 110 – 1150 кВ і за відповідними розробками створено КРУЕ третього покоління, більшу частину цих розробок реалізовано лише в рамках міжнародних контрактів.

В електромережах України КРУЕ застосовуються поки що обмежено на напругу до 35 кВ при будівництві нових об'єктів у великих містах, де потрібно компактно розмістити обладнання розподільчих установок. Все більше застосовуються елегазові вимикачі напругою 110 – 750 кВ зарубіжних фірм, і головну позицію серед виробників елегазового обладнання займає всесвітньо відома шведська компанія ABB. Елегазові вимикачі напругою 110 – 750 кВ встановлюються на ВРУ ПС, як діючих, так і тих, що споруджуються. З 1994 р. введено в експлуатацію понад 200 вимикачів напругою 110 – 750 кВ фірми ABB. Особлива увага приділяється двом типам вимикачів: серії LTV з автокомпресійною (Auto-Puffen™) дугогасною камерою та серії HPL з компресорною (Puffen) дугогасною камерою. Обидва типи вимикачів оснащено механізмом керування, що діє на моторно-пружинний привід. Технічні характеристики обох типів вимикачів відповідають вимогам міжнародних стандартів (МЕК) і ГОСТ 687 – 78.

#### Установлені в електромережах України КРУЕ компанії ABB

Назва проекту	Місце розташування	КРУЕ	U <sub>ном.</sub> , кВ	Кількість комірок	Дата введення
Київенерго – ПС «Центр»	м. Київ	ЕХК-0	110	5	Червень 2000
Івано-Франківськцемент	с Ямниця, м. Івано-Франківськ	ЕХК-0	110	5	Серпень 2008
Волиньцемент	м. Здолбунів Рівненської обл.	ЕХК-0	110	5	Березень 2009
ВАТ «Подільський цемент»	с. Гуменці Хмельницької обл., м. Кам'янець-Подільський	ЕХК-0	110	6	Квітень 2009
Дністровська ГАЕС	м. Новодністровськ Чернівецької обл.	ELK-3	330	4	Липень 2009
ГТС Алчевського металургійного комбінату	м. Алчевськ Луганської обл.	ELK-0	110	26	У стадії монтажу

Джерело: *Электрические сети и системы. – 2010. – № 3. – С. 57.*

З кожним роком зростає інтерес українських енергетиків до цих надійних, простих у експлуатації та довговічних апаратів. Сьогодні основним партнером із здійснення програм з реконструкції та нового будівництва об'єктів електроенергетики є ЗАТ «Холдингова компанія «ЕМІ» – офіційний дилер компанії ABB і холдинг Vatech (Італія).

Компанія «ЕМІ» має репутацію надійного виробника і постачальника елегазових вимикачів усіх рівнів напруги, а також установок релейного захисту, автоматики, телемеханіки та іншого обладнання розподільчих установок напругою 6 – 750 кВ.

Високопрофесійний персонал компанії «ЕМІ» здійснює проектування, поставку, монтажні та пусконаладжувальні роботи під «ключ». З метою зниження вартості дорогих елегазових вимикачів компанія «ЕМІ» уклала контракт із холдингом Vatech на складання елегазових вимикачів. Холдинг є єдиною компанією в країнах СНД, з ким укладено такий контракт.

Сьогодні компанією виконуються підготовчі роботи з організації складання елегазових вимикачів напругою 110 кВ. Згідно з планами першу партію вимикачів спільного складання буде виготовлено й поставлено замовникам у першому півріччі поточного року.

Постійно зростає інтерес енергетиків до елегазового обладнання компанії АВВ. Якщо минулого року компанія «ЕМІ» поставила в Україну 45 вимикачів (з них 39 комплектів виробництва АВВ), то вже сьогодні виграно шість тендерів на постачання 57 комплектів елегазових вимикачів напругою 110 – 330 кВ. При цьому монтаж і налагодження та введення в експлуатацію більшості з них буде виконувати компанія самостійно.

Роботу компанії «ЕМІ» спрямовано на довгострокове співробітництво із замовниками, подальше підвищення надійності та економічної ефективності встановлюваного обладнання.

До КРУЕ класів напруги 110, 220, 330 і 500 кВ входять трансформатори напруги серії ЗНОГ (заземлювальні однофазні з газовою ізоляцією) і трансформатори напруги типу ЗНТГ-110 у загальному кожусі (заземлювальні трифазні з газовою ізоляцією) для живлення електровимірювальних приладів, ланцюгів захисту і сигналізації, а також для використання як випробувальних трансформаторів при живленні з боку вторинних обмоток для проведення випробувань КРУЕ і його елементів на місці монтажу.

**Виробники елегазового обладнання, спільні підприємства та представництва зарубіжних компаній в Україні.**

**ВАТ «Запорізький завод високовольтної апаратури»** (ВАТ ЗЗВА) протягом півстоліття підтверджує свою високу марку лідера електротехнічної галузі, постійно підвищуючи якість продукції. ВАТ ЗЗВА добре відомий фахівцям об'єктів електроенергетики України, країн СНД і 40 країн далекого зарубіжжя як виробник високовольтного обладнання, що забезпечує передавання і розподіл електроенергії.

Багаторічний досвід розроблення і виготовлення високовольтного електротехнічного обладнання, прогресивні технології, сучасне виробниче обладнання, висококласні фахівці, оптимальна система організації виробничого процесу дають можливість підприємству втримувати лідируючі позиції в електротехнічній галузі.

З огляду на світову тенденцію розвитку високовольтного апаратобудування, спрямованого на створення вибухобезпечних і пожежобезпечних апаратів, фахівцями ВАТ ЗЗВА розроблено та освоєно виробництво сучасних вимірювальних трансформаторів струму серії ТОГ і трансформаторів напруги типу НОГ з елегазовим наповненням і полімерною ізоляцією, які мають ряд переваг перед масляними апаратами.

На початку 2008 р. ВАТ ЗЗВА виграв тендер, проведений ДП «НЕК «Укренерго» на постачання елегазового високовольтного обладнання. Предмет купівлі – понад 250 одиниць обладнання, зокрема:

- елегазові трансформатори струму типу ТОГ на напругу 110 – 750 кВ ~ 219 шт.;
- елегазові трансформатори напруги типу НОГ на напругу 110 – 330 кВ ~ 44 шт.

Крім того ВАТ ЗЗВА на об'єкти електроенергетики України поставляє:

- вимірювальні трансформатори струму (ТФРМ, ТФЗМ, ТФУМ, ТОГ) для увімкнення в електромережу напругою 10 – 1150 кВ (номінальний первинний струм – від 15 до 4000 А);
- вимірювальні трансформатори напруги (ЗНМИ, ЗНОМ, ЗНОМП, ЗНОГ-М, НОГ, НКФ, НКФ-М) для увімкнення в електромережу 6 – 500 кВ з елегазовим або масляним заповненням, з фарфоровою або силіконовою зовнішньою ізоляцією; комплектні розподільчі установки (КМ-1ФМ, КМ-1Ф, КРУВ, КРУ РТП, КРУЕ, КРУПЕ) на напругу 6, 10 і 35 кВ (номінальні струми – від 630 до 3150 А, струм вимкнення 20 і 31,5 кА) з маломасляними, вакуумними або елегазовими вимикачами; комірки збірні однобічного обслуговування (КСО-293, КСО-285) на напругу 6 – 10 кВ (номінальні струми – від 400 до 1000 А) з маломасляними, вакуумними і елегазовими вимикачами, а також ряд інших комплектних трансформаторних підстанцій і комутаційного обладнання.

**ТОВ «Електротехнічна компанія «Екніс-Україна»** – офіційне представництво компанії DIL0 Armaturen and Anlagen GmbH (Німеччина), працює на енергетичному ринку України з 2006 р. Компанія виконує поставки електротехнічного обладнання всіх класів напруг і випускає



контрольно-вимірювальні прилади та пристрої автоматики, а також газоаналітичне обладнання. Більшу частину обладнання, яке постачається компанією, вироблено на заводах концерну АВВ, з якими компанію пов'язують тісні партнерські відносини. Замовниками компанії являються ДП «НЕК «Укренерго», енергопостачальні та енергогенерувальні компанії України, ДАТ «ДАК «Укргідроенерго», а також великі промислові підприємства та підприємства централізованого комунального господарства міст.

На енергетичні об'єкти України компанією АВВ постачається обладнання:

- високовольтне обладнання напругою 110 – 750 кВ (КРУЕ, елегазові вимикачі, обмежувачі перенапруг, вимірювальні трансформатори струму і напруги, роз'єднувачі, трансформаторні вводи, конденсаторні батареї, компенсатори реактивної потужності тощо);
- високовольтне обладнання напругою до 35 кВ (елегазові і вакуумні вимикачі, генераторні вимикачі, обмежувачі перенапруг, вимірювальні і силові трансформатори (Resbloc, DTE), блокові розподільчі установки, КРУЕ, кабельна продукція тощо).

**ТОВ «Аплайд Проджектс»**, що почало свою діяльність на території України у 2010 р., є офіційним дистриб'ютором компанії «**Crompton Greaves Ltd.**» (Індія).

Основним напрямом діяльності компанії є дистриб'юція обладнання «Crompton Greaves Ltd.» за такими напрямками: елегазові вимикачі, трансформатори струму і напруги, КРУЕ. Партнером компанії для проведення монтажних робіт і сервісного обслуговування є компанія «Чорноморенергоспецмонтаж».

За півроку своєї діяльності в Україні компанія «Crompton Greaves Ltd.» забезпечила поставку елегазових вимикачів для ряду об'єктів: Одесаобленерго, Побузький феронікелевий завод. Метою компанії є забезпечення протягом п'яти років 25% частки на ринку постачання надійного сучасного обладнання, що має істотну перевагу в співвідношенні ціна/якість і належну конкурентоспроможність на ринку електрообладнання з відповідною міжнародною сертифікацією та стандартизацією.

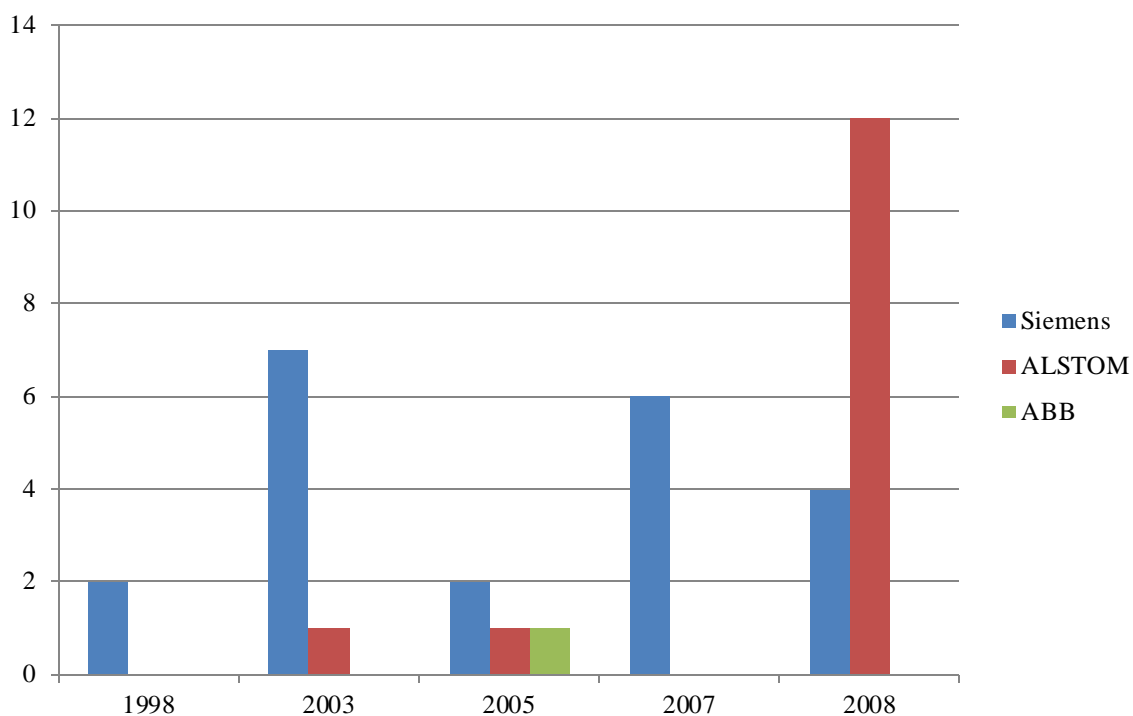
**Енергетичні компанії, енергетичні системи та об'єкти електроенергетики України, що впроваджують елегазове комутаційне обладнання.**

**ДП «НЕК «Укренерго»** – на об'єктах електричних мереж компанії на 01.01.2010 р. в

Назва енергосистем	Всього вимикачів	У тому числі елегазових	Елегазові вимикачі напругою, кВ						
			до 20	35	110 – 154	220	330	400 – 500	750
Дніпровська	805	20	–	–	15	–	5	–	–
Донбаська	917	43	–	–	24	–	17	2	–
Західна	780	49	–	–	28	10	6	–	5
Кримська	500	15	–	–	–	5	10	–	–
Південна	368	31	–	–	14	2	15	–	–
Південно-Західна	262	34	1	–	26	–	6	–	1
Північна	549	9	–	–	4	–	5	–	–
Центральна	468	48	–	6	22	–	13	–	7
Всього	4649								
У тому числі, елегазові вимикачі		249	1	6	133	17	77	2	13

експлуатації знаходилось 4649 вимикачів, з них елегазових – 249, у тому числі: 7 вимикачів напругою 20 – 35 кВ, 133 – напругою 110 – 154 кВ, 17 – напругою 220 кВ, 77 – напругою 330 кВ, 2 – напругою 400 – 500 кВ та 13 вимикачів напругою 750 кВ.

Динаміка впровадження елегазових вимикачів компаній Siemens, Alstom, АВВ на ПС 330 – 750 кВ Південно-Західної енергосистеми за 1998-2008 рр.



Джерело: Электрические сети и системы. – 2009. – № 5. – С. 49.

За контрактом з НЕК «Укренерго» концерн АВВ поставить компанії 44 високовольні елегазові вимикачі напругою до 800 кВ на суму \$20 млн для установки на п'яти українських підстанціях напругою 750 кВ. До складу поставки також входять панелі управління вимикачами та засоби моніторингу стану комутаційного обладнання.

**НАК «Енергетична компанія України» (НАК «ЕКУ»)** – станом на 01.01.2010 р. в електричних мережах 14 енергопостачальних компаній експлуатувалися 1457 вимикачів напругою 110 – 150 кВ різних типів. З них – 990 масляних, 116 повітряних і 351 елегазовий.

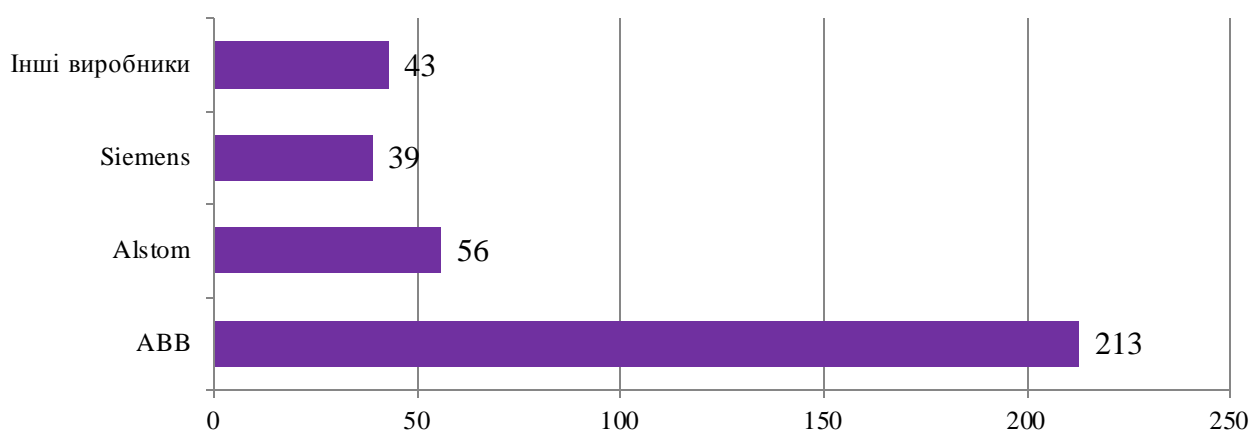
Назва енергопостачальних компаній	Установлено вимикачів напругою 110 – 150 кВ						Пошкодження та відмови вимикачів 110 – 150 кВ протягом 3 років	
	масляних		повітряних		елегазових		масляних та повітряних (на 100 од.)	елегазових (на 100 од.)
	оди-ниць	% від загальної кількості	оди-ниць	% від загальної кількості	оди-ниць	% від загальної кількості		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вінницяобленерго	78	78,0	0	0,0	22	22,0	7,00	0,00
Волиньобленерго	24	100,0	0	0,0	0	0,0	12,5	0,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дніпрообленерго	15	7,6	84	42,4	99	50,0	0,51	0,00
Донецькобленерго	193	89,8	9	4,2	13	6,0	3,72	0,00
Закарпаттяобленерго	62	96,9	0	0,0	2	3,1	9,38	0,00
Запоріжжяобленерго	43	41,0	4	3,8	58	55,2	3,81	0,00

Київенерго	20	45,5	0	0,0	<b>24</b>	<b>54,5</b>	0,00	<b>0,00</b>
Крименерго	77	69,4	0	0,0	<b>34</b>	<b>30,6</b>	8,11	<b>0,00</b>
Миколаївобленерго	10	23,3	19	44,2	<b>14</b>	<b>32,6</b>	9,30	<b>0,00</b>
Одесаобленерго	108	83,1	0	0,0	<b>22</b>	<b>16,9</b>	6,92	<b>0,00</b>
Тернопільобленерго	33	78,6	0	0,0	<b>9</b>	<b>21,4</b>	Дані відсутні	<b>Дані відсутні</b>
Харківобленерго	175	87,9	0	0,0	<b>24</b>	<b>12,1</b>	0,50	<b>0,00</b>
Хмельницькобленерго	91	89,2	0	0,0	<b>11</b>	<b>10,8</b>	0,98	<b>0,00</b>
Черкасиобленерго	18	48,6	0	0,0	<b>19</b>	<b>51,4</b>	8,11	<b>0,00</b>
Чернівціобленерго	43	100,0	0	0,0	<b>0</b>	<b>0,0</b>	9,30	<b>0,00</b>
Всього	990	67,9	116	8,0	<b>351</b>	<b>24,1</b>	4,12 (середній показник)	<b>0,00</b>

Джерело: Впровадження електричного обладнання на підприємствах енергетики України та проблеми його експлуатації: Матеріали 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 11 – 15. 10.2010 р. – с. Галявина Закарпатської обл.

Крім цього, експлуатуються **13 електричних вимикачів** напругою 35 кВ в електромережах ряду енергокомпаній. Відмов та пошкоджень обладнання не зареєстровано.

#### Впровадження електричного обладнання зарубіжних компаній на підприємствах енергетики України (комплектів)

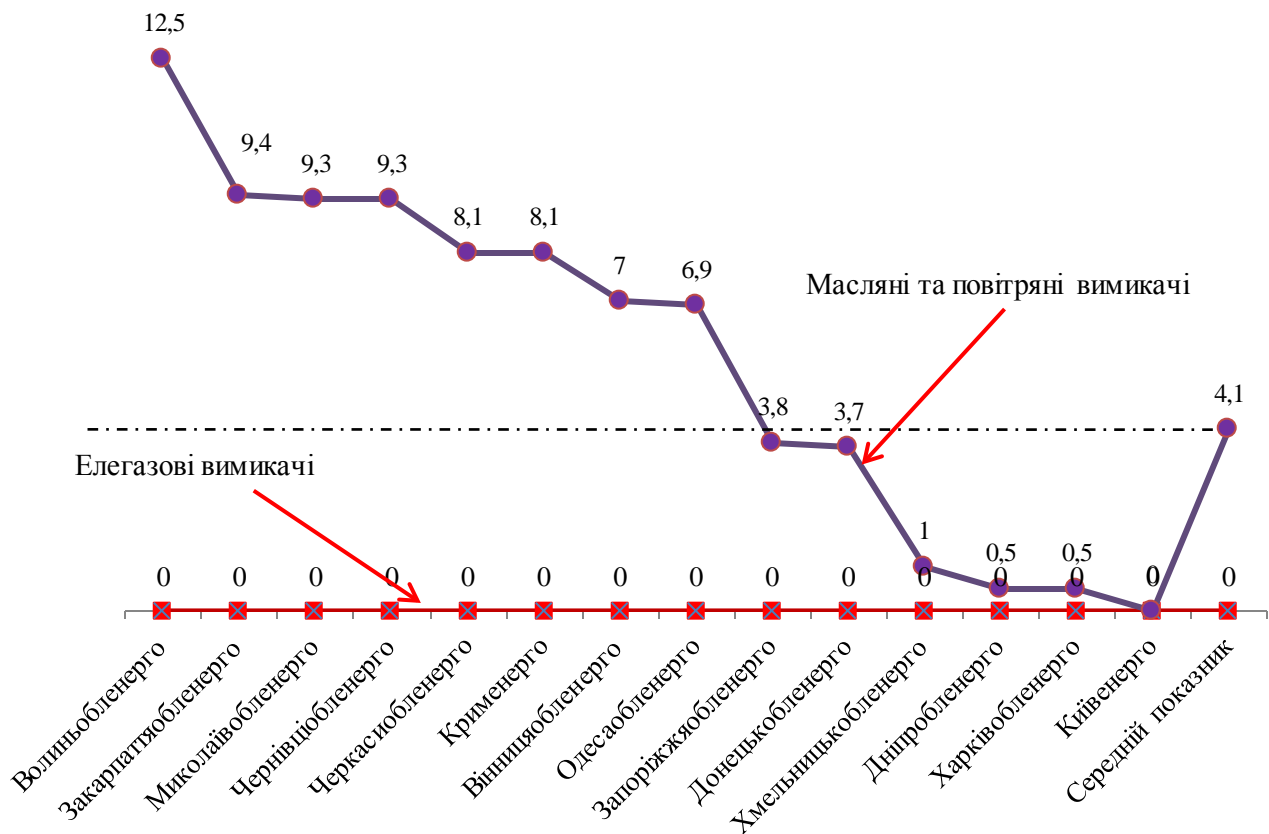


Джерело: Впровадження електричного обладнання на підприємствах енергетики України та проблеми його експлуатації: Матеріали 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 11 – 15. 10. 2010 р. – с. Галявина Закарпатської обл.

На основі аналізу енергопостачальних компаній встановлено – щорічно (у середньому) відмовляють у роботі або пошкоджуються до 70 одиниць масляних і повітряних вимикачів, особливо ненадійно працюють вимикачі типів ММО-110 і ВМТ-110, що наглядно видно з трьохрічної динаміки пошкоджень і відмов ( на 100 од.) вимикачів напругою 110 – 150 кВ.

Найбільш ефективним напрямом підвищення рівня надійності роботи обладнання напругою 110 – 150 кВ та зменшення експлуатаційних витрат є застосування електричних вимикачів напругою 110 – 150 кВ, що характеризуються високою надійністю, практично не потребують експлуатаційних витрат. За десятирічний період експлуатації електричних вимикачів енергопостачальними компаніями, що входять до складу НАК «ЕКУ», не було випадків їх відмов у роботі або пошкоджень.

## Показники пошкоджень та відмов ( на 100 од.) вимикачів 110 – 150 кВ протягом трьох останніх років



Джерело: Впровадження елегазового обладнання на підприємствах енергетики України та проблеми його експлуатації: Матеріали 3-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 11 – 15.10. 2010 р. – с. Галявина Закарпатської обл.

Разом з цим відмічається неоднозначне ставлення ряду енергопостачальних компаній до заміни морально й фізично застарілих типів вимикачів напругою 110 – 150 кВ надійними елегазовими. Так, не встановлено жодного елегазового вимикача в електричних мережах ВАТ «Волиньобленерго» і ВАТ «Чернівціобленерго». У той же час такі енергопостачальні компанії, як АТ «Запоріжжяобленерго», АК «Київенерго», ВАТ «Черкасиобленерго» та ВАТ «Дніпрообленерго», що мають значно більший парк вимикачів, замінили близько 50% ненадійного комутаційного обладнання елегазовим.

При цьому слід відзначити щорічне зростання в енергопостачальних компаніях парку зношених типів вимикачів напругою 110 – 150 кВ, що відпрацювали термін експлуатації. Станом на 01.01.2010 цей показник становив 583 одиниці, або 40% від загальної кількості вимикачів напругою 110 – 150 кВ. Зокрема, в електромережах ВАТ «Донецькобленерго» продовжується експлуатація 44 вимикачів (53%) вже понад 50 років.

На жаль, через брак коштів та ряду інших причин за останні роки знижуються темпи заміни масляних і повітряних вимикачів напругою 110 – 150 кВ на елегазові. Якщо у 2007 р. замінено 48 вимикачів, то у 2008 р. – 42 вимикачі, у 2009 р. – 38 вимикачів, у 2010 р. – 8 вимикачів; планом на 2011 р. передбачено замінити лише 14 вимикачів. Такі темпи заміни застарілого та зношеного комутаційного обладнання не сприяють підвищенню рівня надійності енергозабезпечення.

Для досягнення оптимального рівня надійності роботи електромережі напругою 110 – 150 кВ необхідно щорічно замінювати не менше ніж 75 – 80 масляних і повітряних вимикачів на елегазові, з тим щоб у найближчі 5 років довести рівень заміни до 63% від загальної кількості вимикачів, а до 2020 р. вийти на рівень 100% заміни.

Не кращим є також стан впровадження надійних КРУЕ напругою 35 – 150 кВ. Побудована у 2001 р. в м. Києві ПС «Центр» 110/10 кВ з КРУЕ-110 кВ тривалий час була єдиним

енергетичним об'єктом з елегазовим обладнанням. Але й сьогодні, проектуючи нові ПС 110 кВ у великих містах та зважаючи на непрості умови з відведення земельних ділянок, замовники не завжди дотримуються техніко-економічних обґрунтувань економічної доцільності будівництва і експлуатації підстанцій з КРУЕ. Як результат, введені в експлуатацію ПС з КРУЕ-110 кВ працюють у електромережах промислових підприємств «Кам'янець-Подільський цементний завод» та «Алчевський металургійний комбінат», а не в електромережах компаній.

Проривом з «елегазаці» розподільчих установок стало введення в експлуатацію вперше в Україні КРУЕ-330 кВ на Дністровській ГАЕС. У м. Києві завершується проектування і розпочинається будівництво ПС з КРУЕ-110 кВ: «Олімпійська», «Московська», «Університетська» та «Європейська». Також до плану інвестиційної програми 2011 р. включено ПС 110 кВ «Прибузька» з КРУЕ-110 кВ ВАТ «Хмельницькобленерго». З урахуванням перспективи розвитку КРУЕ та зростання парку елегазових вимикачів напругою 110 – 150 кВ на черзі – створення виробниками сервісних центрів в Україні з обслуговування елегазового обладнання.

### **Впровадження елегазового обладнання на окремих підприємствах електроенергетики України.**

**ЗАТ «СВС Дніпро»** – для забезпечення електричного зв'язку Дністровської ГАЕС з ОЕС України відповідно до проекту споруджено унікальну КРУЕ напругою 330 кВ із елегазовою воляцією. Монтаж першої черги КРУЕ серії ELK компанії ABB здійснено фахівцями ЗАТ «СВС Дніпро» у червні 2009 р.

Технічні характеристики КРУЕ 330 кВ серії ELK6:

- максимальна робоча напруга – 420 кВ; номінальний струм – до 4000 А; струм короткого замикання – до 63 кА; піковий короткочасний струм – до 170 кА;
- волююче середовище – SF<sub>6</sub> (елегаз);
- припустима кількість комутацій без обслуговування – 10000 (без навантаження), 5000 (при номінальному струмі навантаження), 32 (при струмі КЗ до 50 кА) і 20 (при струмі КЗ до 63 кА);
- тип приводу – електромеханічний (один на три фази).

Основні складові елементи КРУЕ – шини з комбінованим заземлювальним роз'єднувачем, вимикач, трансформатор струму, трансформатор напруги, кабельні вводи, швидкодійний заземлювач, елегазова система, шафа керування, обмежувачі перенапруги.

Переваги КРУЕ серії ELK: модульна конструкція з герметизованими зістикованими фланцевими вузлами та герметичними воляційними перегородками забезпечує високу гнучкість схем розміщення та необхідну компоновку модулів, а також селективність контролю за щільністю газу, низькі експлуатаційні витрати, великий термін служби та високу експлуатаційну готовність.

Конструкція КРУЕ відповідає не тільки рекомендаціям МЕК, але й вимогам стандартів США, Великобританії, VDE, ГОСТ тощо.

**«Сервіс-Інвест» (ДТЕК)** – в останні роки ця компанія спрямовує на модернізацію енергетичного обладнання десятки мільйонів гривень. Зокрема, завершено реконструкцію ПС «Донецька» 110 кВ, «Вугледарська» – 110 кВ, «Чулкова» – 110 кВ, а також модернізовано ВРУ напругою 35 кВ із заміною всього силового обладнання на обладнання провідних зарубіжних виробників.

Компанія виконує реконструкцію ВРУ-110 кВ вартістю близько 20 млн грн. із заміною масляних вимикачів на сучасні елегазові (фірма «Siemens», Німеччина), що гарантує безперебійну роботу обладнання протягом 20 років. Модернізація ПС дасть змогу не тільки підвищити надійність її роботи, але й знизити втрати електроенергії в електромережі.

Всі інвестиційні проекти до початку їхньої реалізації захищаються двічі: в інвестиційному комітеті компанії ДТЕК та в Національній комісії регулювання електроенергетики (НКРЕ) України.

**ВАТ ЕК «Дніпрообленерго»** – відповідно до затвердженої НКРЕ інвестиційної програми на 2011 р. (281,096 млн грн.) на будівництво, реконструкцію і модернізацію електричних мереж планується спрямувати майже 201 млн грн. Серед найбільш важливих інвестпроектів – комплексна реконструкція трьох ПС напругою 150 кВ у містах Дніпропетровську і Кривому Розі

та ще на двох ПС напругою 150 кВ – із заміною масляних вимикачів на елегазові та модернізацією релейного захисту і автоматики.

**АК «Харківобленерго»** – на ПС «Каштанова» 110 кВ у м. Харкові, що буде обслуговувати об'єкти електроенергетики Євро-2012, на ВРУ 110 кВ встановлено вимикачі елегазові в триполюсному виконанні типу ВЕБ-110-40/2500УХЛ1 виробництва «Уралелектроважмаш» із вбудованими трансформаторами струму з пружинно-моторними приводами (живлення приводів на постійному струмі від АБ) та трансформатори напруги елегазові типу НОГ-110-У1 виробництва Запорізького заводу високовольтної апаратури.

**Приватне акціонерне товариство «ДЕКС»** (проектний інститут). Компанією вирішено проблеми застосування, створення та впровадження ряду інноваційних рішень у секторі електроенергетики. Зокрема, вперше в Україні на ПС «Жовтнева» 330/110/35 кВ встановлено елегазове обладнання напругою 110 кВ виробництва компанії «Siemens» та здійснюється будівництво першої закритої ПС 110/10 кВ на КРУЕ 110 кВ із застосуванням вакуумних перемикачів напругою 10 кВ компанії АВВ.

**Департамент «Передавання та розподілу енергії» (PTD) компанії «Siemens»** пропонує силові елегазові та вакуумні вимикачі, а також інше електротехнічне обладнання для розподільчих ПС напругою 6 – 750 кВ, у тому числі комплектні елегазові ПС напругою до 750 кВ. Замовниками обладнання департаменту є НЕК «Укренерго», обленерго, промислові підприємства, НАЕК «Енергоатом» та підрозділи електропостачання Укрзалізниці. Упродовж ряду років департамент здійснює поставки електротехнічного обладнання та засобів автоматизації на рівні об'єкти електроенергетики України (Південноукраїнська АЕС, Ташлицька ГАЕС, 8 регіональних електроенергетичних систем).

Серед інших реалізованих проєктів – високовольтне обладнання, захисні прилади автоматики для реконструкції ПС 330 кВ «Аджалик» і «Усатово» Південної ЕС, а також високовольтне комутаційне обладнання (35 та 110 кВ) для ряду енергопостачальних компаній, у тому числі для ЗАТ «А. Е. С. Київобленерго», ЗАТ «Ей-І-Ес Рівнеенерго» та ВАТ «ЕК «Хмельницькобленерго»; високовольтна техніка для підприємств компанії ДТЕК («Сервіс-Інвест», «Східенерго») тощо.

**Рекомендації 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Впровадження елегазового обладнання на підприємствах енергетики України та проблеми його експлуатації»**, яка відбулася 11 – 15 жовтня 2010 р.:

- при укладанні контрактів на закупівлю елегазового обладнання передбачати навчання своїх представників на заводах-виробниках обладнання з отриманням ліцензій на сервісне обслуговування обладнання та збільшення терміну гарантійного обслуговування обладнання;
- приділяти більше уваги діагностиці встановленого обладнання, а також впровадженню систем моніторингу стану обладнання.

Рішенням конференції доручено АТ «ЛьвівОРГРЕС» доопрацювати галузевий нормативний документ ГНД 34.47.503 – 2004 «Інструкція з експлуатації елегазових вимикачів» щодо шкідливих викидів елегазу в атмосферне повітря з урахуванням сучасних досягнень та застосуванням сервісного устаткування при проведенні ремонтних робіт елегазового обладнання. Узагальнити досвід експлуатації елегазового устаткування на об'єктах електроенергетики України.

**Висновки та пропозиції.** Практика більшості розвинених зарубіжних країн показує, що на нинішньому рівні розвитку світового енергомашинобудування найбільш ефективним засобом підвищення надійності та якості енергозабезпечення і зниження економічних витрат на розвиток та експлуатацію енергообладнання є розширення обсягу впровадження сучасного елегазового і вакуумного обладнання, як КРУЕ, так і гнучких модульних комплектів такого обладнання для ВРУ, перш за все, середнього, високого та надвисокого рівнів напруги.

Враховуючи зазначене, доцільно внести зміни і доповнення до визначених **ПУЕ-2009 (Україна) типових схем** розподільчих установок напругою 110 – 750 кВ для розширення компоновки можливих схем впровадження елегазового електротехнічного обладнання в електромережах України.

Рекомендувати енергетичним компаніям, електроенергетичним системам та енергопостачальним компаніям звернути увагу на організаційно-технічний досвід Федеральної мережевої компанії ЄЕС Російської Федерації (розділ 4. Росія, стор. 23-25) щодо скоординованого аналізу та управління процесом впровадження сучасного елегазового обладнання, визначення джерел фінансування інвестиційних проектів та програм реалізації сучасних КРУЕ, модульного обладнання для ВРУ, а також регламентації жорстких норм і правил з урахуванням особливостей регіонів при проведенні реконструкції об'єктів електроенергетики з переходом на сучасне елегазове обладнання.

В період виконання прийнятої Кабінетом Міністрів України в березні 2010 р. «Державної цільової програми енергоефективності на 2010 – 2015 рр.» лише за 2011 – 2012 рр. значні обсяги власних і кредитних ресурсів передбачено спрямовувати на підвищення енергетичної ефективності та надійності енергозабезпечення, заміни при реконструкції, модернізації та новому будівництві технічно зношеного обладнання в умовах реалізації інвестиційних та інноваційних програм. У межах зазначеної Програми доцільно прискорити створення власної виробничої бази, максимально використовуючи провідні російські та спільні з зарубіжними фірмами підприємства для виробництва, постачання та впровадження сучасного високонадійного і малозатратного елегазового обладнання, ефективних автоматизованих схем діагностики та моніторингу в електромережах енергосистем та енергопостачальних компаній України.

*Підготовлено Відділом інформаційно-аналітичного забезпечення НТЦЕ НЕК «Укренерго» на основі статистичних, інформаційних та звітних матеріалів CIGRE, ABB, Schneider Electric, Siemens, AREVA, ДП НЕК «Укренерго», НАК «ЕКУ», ОАО «ФСК ЕЭС» Росії та науково-технічних видань.*

**Додаток 1**

**Оборудование производства зарубежных компаний совместно с российскими, допущеное к применению на объектах ОАО «ФСК ЕЭС»  
(сокращенный вариант)**

на 1.01.2011

<b>№ п/п</b>	<b>Производитель/ Заявитель</b>	<b>Наименование оборудования</b>	<b>Дата утверждения технического условия)</b>	<b>Срок действия технического условия)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Выключатели				
1	Компания «АРЕВА Т&D5.А.», Франция/ЗАО «АРЕВА Передача и Распределение», г.Москва	Выключатели силовые элегазовые (смесь SF6+CF колонковые типа GL314 на номинальное напряжение 220 кВ, GL315 на номинальное напряжение 330 кВ, GL316 (для применения в сетях 400 кВ РФ), GL317 на номинальное напряжение 500 кВ, GL317D на номинальное напряжение 500 кВ, GL318 на номинальное напряжение 750 кВ	01.07.2008	25.06.2013
2	ABB Switzerland Ltd, Швейцария, ООО «ABB» в г.Екатеринбурге	Выключатели-разъединители элегазовые колонковые серии DCB HPL 245 B1 на номинальное напряжение 220 кВ, номинальный ток 4000 А, номинальный ток отключения 50 кА, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1 (с нижним значением температуры до минус 50°С)	24.12.2010	24.12.2012
3	Фирма «ABB Power Technology Products АВ» г.Людвиг, Швеция	Выключатели колонковые элегазовые типа LTB 362E	21.06.2003	25.10.2013
4	Компания «Siemens AG», Германия	Выключатели силовые элегазовые (смесь SF6+CF4) колонковые типа 3AP1FI-245 кВ для класса напряжения 220 кВ	10.01.2003	18.12.2013
5	Компания «Siemens AG», Германия	Выключатели силовые элегазовые (смесь SF6+CF4) колонковые типа 3AP1FG-245 кВ для класса напряжения 220 кВ	10.01.2003	10.12.2013
6	Компания «Siemens AG», Германия	Выключатели силовые элегазовые (смесь SF6+CF4) колонковые типа 3AP1FI на номинальное напряжение 220 кВ	10.01.2003	01.12.2013
7	Компания «Siemens AG», Германия	Силовые элегазовые баковые выключатели типа 3AP1DT- 245	12.12.2000	15.10.2013
8	Компания «Siemens AG», Германия	Силовые элегазовые баковые выключатели типа 3AP1DT - 145	12.04.2000	15.10.2013
9	Компания «Siemens AG», Германия	Выключатели силовые элегазовые (смесь 3F6+CF4) колонковые типа 3AP1FG -145 на номинальное напряжение 110 кВ	10.01.2003	21.08.2014
10	Компания «Siemens AG», Германия	Силовые элегазовые колонковые выключатели типа 3AP1FG -145	12.07.2000	24.08.2014
1	2	3	4	5
11	Компания «Siemens AG»/ООО «Евроконтракт-Высоковольтное оборудование», г.Балашиха	Выключатели элегазовые баковые типа 3AP1DT145	16.12.2002	03.12.2013



12	Компания «Siemens AG»/ООО «Евроконтракт-Высоковольтное оборудование», МО	Выключатели элегазовые баковые типа ЗАР1DT245	04.12.2001	03.12.2013
13	ЗАО «Шнейдер Электрик», г.Москва	Элегазовые выключатели LF1, LF2, и LF3 на напряжение 10 кВ	18.10.2007	18.10.2012
14	ООО «АВВ», г.Москва	Выключатели элегазовые колонковые типа LTB 145-01/B с пружинным приводом типа BLK 222	25.08.2008	01.03.2013
15	ООО «АВВ Электроинжиниринг», г.Москва	Выключатели элегазовые колонковые типа HPL 800B4	23.10.2001	15.07.2011
16	ООО «АВВ Электроинжиниринг», г.Москва	Элегазовые колонковые выключатели типов HPL170B1, HPL170B1, HPL245B1, HPL420B2 и HPL550B2	22.10.2004	11.03.2014
17	ООО «АВВ», г.Москва	Элегазовые колонковые выключатели типа HPL 245B1 с пружинным приводом типа BLG 1002A	12.04.2004	01.04.2014
18	Филиал Компании «Энергомаш (ЮК) Лимитед» в г.Екатеринбурге	Выключатели элегазовые серии ВГТ для типоразмеров ВГТ-35 У1, ВГТ-35 УХЛ1, ВГТ-110 У1, ВГТ-110 УХЛ1, ВГТ3- 110 У1, ВГТ3-110 ХЛ1, ВГТ-220 У1, ВГТ-220 ХЛ1, ВГТ3-220 У1, ВГТ3-220 ХЛ1	10.12.2007	02.12.2012
19	Филиал Компании «Энергомаш (ЮК) Лимитед» в г.Екатеринбурге	Элегазовые колонковые выключатели серии ВГТ на напряжения 330 и 750 кВ	24.06.2004	01.07.2014
20	ОАО ВО «Электроаппарат», г. Санкт-Петербург	Элегазовые колонковые выключатели типа ВГП-110-II	24.01.2006	14.10.2014
21	ОАО ВО «Электроаппарат», г.Санкт-Петербург	Выключатель элегазовый баковый типа ВБ-110 П* на напряжение 110 кВ , номинальный ток 3150 А, номинальный ток отключения 40 кА, климатического исполнения УХЛ и У, категории размещения 1	02.02.2010	02.02.2015
22	ЗАО «Энергомаш (г.Екатеринбург) - Уралэлектротяжмаш»	Выключатели элегазовые баковые типа ВЭБ-110 У1, ВЭБ- 110 УХЛ1*, ВЭБ-110 УХЛ1	10.12.2007	01.01.2015
23	ЗАО «Энергомаш (г.Екатеринбург) - Уралэлектротяжмаш»	Выключатели элегазовые серии ВГБ-35	10.12.2007	01.01.2015
1	2	3	4	5

24	ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) - Уралтяжмаш», г.Екатеринбург	Выключатели элегазовые колонковые типа ВГТ-1А1-220 на номинальное напряжение 220 кВ, номинальный ток 3150 А, номинальный ток отключения 40 кА, климатического исполнения У и ХЛ (с нижним значением температуры при эксплуатации до -55 градусов С), категории размещения 1	01.06.2010	01.06.2011
25	ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) - Уралтяжмаш», г.Екатеринбург	Выключатели элегазовые баковые типа ВЭБ-220 на номинальное напряжение 220 кВ, номинальный ток 2500 и 3150 А, номинальный ток отключения 40 и 50 кА, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1	01.06.2010	01.06.2015
26	ЗАО «Энергомаш (Екатеринбург) - Уралтяжмаш», г.Екатеринбург	Элегазовые колонковые выключатели серии ВГК на номинальное напряжение 220 и 500 кВ, номинальный ток 3150 А, номинальные токи отключения 31,5 и 40 кА, климатического исполнения У, категории размещения 1 (ТУ 16-2003 2БП.029.005)	22.10.2010	30.07.2015
<b>Комплектные трансформаторные подстанции (КРУ)</b>				
27	«Siemens AG», Германия/ООО «Сименс», г.Москва	Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией КРУ серии NX PLUS С на номинальное напряжение 6-10 кВ, номинальный ток до 2500 А, ток термической стойкости до 31,5 кА и на номинальное напряжение 20 кВ (уровень изоляции «а»), номинальный ток до 2500 А, ток термической стойкости до 25 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3	05.10.2010	05.10.2015
28	Schneider Electric France/ ЗАО «Шнейдер Электрик», г. Москва	Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией КРУ серии RM6 для распределительных сетей на номинальные напряжения 6, 10 и 20 кВ, номинальные токи до 630 А, ток термической стойкости до 20 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3	24.08.2010	24.08.2015
29	ООО «ABB», г.Москва	Комплектные распределительные устройства КРУ серии 233.2 на номинальное напряжение 35 кВ, номинальный ток до 1350 А, ток термической стойкости до 31,5 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3, с вакуумным выключателем серии VD4 и с элегазовым выключателем типа HD4	25.10.2010	25.10.2015
1	2	3	4	5

30	ОАО «Уфимский завод «Электроаппарат», г.Уфа	Устройства комплектные распределительные серии КРУ К- 201 ЭА на номинальное напряжение 20 кВ, номинальные токи 630-2500 А, ток термической стойкости 25 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3 с вакуумными выключателями VD 4 24 и элегазовыми выключателями HD 4 24	02.02.2010	02.02.2015
31	ООО «Ишлейский завод высоковольтной аппаратуры», Чувашская Республика, с.Ишлеи	Комплектные распределительные устройства серии КМ на номинальное напряжение 6-10 кВ, номинальный ток 2500 А, ток термической стойкости 40 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3 с элегазовым выключателем серии LF3	13.12.2010	13.12.2015
<b>КРУЭ</b>				
32	Компания «ABEVA T&D AG», Швеция	Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией типа В 65 на номинальное напряжение 110 кВ	20.01.2009	04.02.2011
33	Компания «ABEVA T&D AG» Франция	Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией типа В 105 на номинальное напряжение 220 кВ	20.01.2009	04.02.2011
34	«Siemens AG» Германия/ООО «Сименс», г.Москва	Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией КРУЭ типа 8DA/DB на номинальное напряжение 6-35 кВ	10.11.2010	10.11.2015
35	ОАО ВО «Электроаппарат», г.Санкт-Петербург	Комплектные распределительные устройства КРУЭ - 110 с ячейками элегазовыми трехполюсными типа ЯГТ-110Л- 40/2500-23 УХЛ4 на номинальное напряжение 110 кВ, номинальный ток до 2500 А, ток термической стойкости 40 кА, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 4	25.10.2010	25.10.2015
37	ОАО «Энергомеханический завод»	КРУЭ типа ЯЭГ-220 на номинальное напряжение 220 кВ, номинальный ток 2000 А, ток термической стойкости 40 кА, климатического исполнения УХЛ и ТВ, категории размещения 3 и 4	10.11.2010	10.11.2015
<b>КРУЭН</b>				
38	Компания «RITZ MESSWANDLER LUDWIGLUTS GMBH», Германия /ООО «КВК-ЭЛЕКТРО», г.Москва	Комбинированные измерительные трансформаторы с элегазовой изоляцией типов KSKEF 123, KSKEF 245, KSKEF 420	21.04.2006	21.04.2011
1	2	3	4	5

39	ООО «АВВ Электроинжиниринг», г.Москва	Элегазовые ячейки КРУ типа РА33 МО на классы напряжения 110 и 150 кВ	08.06.2001	11.09.2014
<b>Трансформаторы напряжения</b>				
40	Компания «RITZ MESSWANDLER LUDWIGLUTS GMBH», Германия/»КВК- ЭЛЕКТРО М», г.Москва	Трансформаторы напряжения с элегазовой изоляцией типа ЗТЕР-145 на класс напряжения 110 кВ	21.04.2006	21.04.2011
41	Компания «Энергомаш (ЮК) Лимитед» в г.Екатеринбурге	Трансформаторы напряжения с элегазовой изоляцией типа ЗНГ на напряжение 110 кВ	10.04.2009	29.03.2014
42	ОАО «ЗЗВА», Украина, г.Запорожье	Трансформаторы напряжения с элегазовой изоляцией серии НОГ на напряжение 110 кВ, климатического исполнения У1 (с нижним пределом температуры минус 38 С)	25.10.2010	25.04.2012
43	ОАО «ЗЗВА», Украина, г.Запорожье	Трансформаторы напряжения с элегазовой изоляцией серии НОГ на напряжение 220 кВ, изготавливаемые по ТУ У 31.1-05755559-008-2004	24.12.2010	24.12.2011
44	ОАО «ЗЗВА», Украина, г.Запорожье	Трансформаторы напряжения с элегазовой изоляцией серии НКГ на напряжение 330 и 500 кВ, климатического исполнения У	24.12.2010	24.12.2015
<b>Трансформаторы тока</b>				
45	Компания «АВВ Transmission&Distribu zione SpA Divisione Adda», Италия /ООО «АВВ Электроинжиниринг», г.Екатеринбург	Трансформаторы тока с элегазовой изоляцией типов ТГ - 420 и ТГ - 550	07.02.2007	07.02.2012
46	Компания «RITZ MESSWANDLER LUDWIGLUTS GMBH»,, Германия/ООО «КВК- ЭЛЕКТРО»	Трансформаторы тока элегазовые до 5000А типов SKF-123, SKF-230, SKF-362, SKF-550 на класс напряжения 110-500 кВ	21.04.2006	21.04.2011
47	Филиал Компании «Энергомаш (ЮК) Лимитед» в г.Екатеринбурге	Трансформаторы тока с элегазовой изоляцией серии ТРГ на напряжения 110-220 кВ	29.10.2003	24.09.2013
1	2	3	4	5

48	ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор», г.Лесной, Свердловской обл.	Трансформаторы тока с элегазовой изоляцией типа ТОГ- 110 на напряжение 110 кВ	30.05.2003	24.09.2013
49	ОАО «ЗЗВА», Украина, г.Запорожье	Трансформаторы тока с элегазовой изоляцией типа ТОГ на напряжение 110 кВ, климатического исполнения У1	25.10.2010	25.10.2015
50	ОАО «ЗЗВА», Украина, г.Запорожье	Трансформаторы тока с элегазовой изоляцией серии ТОГ на напряжения 220-500 кВ, изготавливаемые по ТУ У 31.105755559-006-2002 и на напряжение 750 кВ, изготавливаемые по ТУ У 31.1-05755559-010-2005, климатического исполнения У1	24.12.2010	24.12.2011

*Джерело інформації: ОАО «ФСКЕЭС». <http://www.fsk-ees.ru/>*

**Основні технічні параметри елегазових вимикачів напругою 35–750 кВ,  
що застосовуються в Росії**

Тип выключателя	I ном, А	S ном, МВА	I откл, кА	Iм, кА	t откл., с	T вкл., с	Завод- изготовитель выключателя
<b>35 кВ</b>							
ВГБЭ-35 ВГБЭП-35	630	750	12,5	32	0,04	0,1	
<b>110 кВ</b>							
ВГТ-110	2500	7600	40	100	0,035	0,062	УЭТМ
ВЭБ-110	2000 2500	7600	40	100	0,035	0,08	УЭТМ и ЭМЗ
LTV-14501	3150	7600	40	100	0,04	0,04	ЛББ
HPL145A1	4000	12 000	63	158	0,04	0,08	ABB
145 PM	3000	7600	40	100	0,05	0,065	ABB
145 PM	4000	12000	63	158	0,05	0,065	ABB
3APIFG-145	до 4000	7600	40	100	0,035	0,063	Siemens
3APIDT-145	до 4000	7600	40	100	0,034	0,057	Siemens
HGF1012	2500; 4000	5900 7600	31,5; 40	80; 100	0,028	0,1	Alstom
<b>220 кВ</b>							
ВГТ-220	2500	15 200	40	100	0,035	0,062	УЭТМ
ВГБУ-220	2000	15 200	40	100	0,035	0,07	УЭТМ и ЭМЗ
HPL 245B1	5000	19000	50	125	0,04	0,065	ABB
242 PMR	4000	15 200	40	100	0,055	0,065	ABB
242 PMG	4000	24 000	63	158	0,055	0,065	ABB
3APIFG- 245	до 4000	19 000	50	125	0,037	0,058	Siemens
3APIDT-245	до 4000	19 000	50	125	0,037	0,060	Siemens
HGF1014	3000; 4000	15 200; 19000	40; 50	100; 125	0,025	0,1	Alstom
<b>330 кВ</b>							
ВГУ-330	3150	27 000	47	120	0,030	0,12	УЭТМ
ВГБ-330	3150	22 800	40	100	0,035	0,1	УЭТМ и ЭМЗ
HPL420B2	5000	29 000	50	125	0,04	0,065	ABB
362 PM	4000	29 000	50	125	0,04	0,065	ABB
3AQ2-362	до 4000	29000	50	125		0,04	Siemens
GL315	4000	29000	50	125	D,036	0,15	Alstom
<b>500 кВ</b>							
ВГБ-500	3150	34600	40	100	0,035	0,1	УЭТМ и ЭМЗ
HPL550B2	5000	43 000	50	125	0,04	0,065	ABB
550 PM	4000	43 000	50	125	0,04	0,060	ABB
3AQ2-550	до 4000	43 000	50	125	0,04		Siemens
GL317	4000	43 000	50	125	0,036		Alstom
<b>750 кВ</b>							
ВГУ-750	3150	61000	47	120	0,027	0,12	УЭТМ
HPL800B4	4000	64 900	50	125	0,04	0,065	ABB

*Примітка. За необхідності споживач може скористатися інформацією щодо типів та параметрів елегазових вимикачів наведених на сайті <http://forca.ru>, та сайтах компаній-виробників елегазового устаткування.*

## Елегаз. Особливості його використання в електротехнічному устаткуванні.

**Фізичні властивості елегазу.** Елегаз — один з найважчих відомих газів. Його щільність при 20°C і тиску 0,1 МПа (одна атмосфера) дорівнює 6,139 кг/м<sup>3</sup>, тобто майже в 5 разів вища від щільності повітря. Молекулярна маса елегазу становить 146,06 а.о.м. (атомних одиниць маси), безбарвний і не має запаху. Елегаз може перебувати в рідкому стані тільки під дією підвищеного тиску. Щільність – 6,14 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність – 0,0136 Вт/м К1.

**Залежність тиску елегазу від температури** – лінійна, в діапазоні робочих температур від -25 до +50°C тиск майже не змінюється.

**Об'ємна питома теплоємність елегазу** в 3,7 раза більше ніж повітря, що має велике значення для зниження ефекту нагрівання частин електроустаткування.

**Теплопровідність** елегазу нижча, ніж повітря, але його повна тепловіддача, особливо з урахуванням конвекції, дуже висока (така сама як у водню й гелію, вища ніж повітря). При високих температурах пік теплопровідності відповідає температурі розпаду молекули елегазу (2100-2500К). При розпаді поглинається значна кількість теплоти, яка виділяється в процесі розпаду молекул на периферії дуги, прискорюючи тим самим теплообмін між гарячими й більш прохолодними зонами.

**Діелектрична міцність елегазу** при однакових умовах приблизно в 2,5 раза вища, ніж повітря. Напряга пробою в неоднорідному електричному полі залежно від тиску має тенденцію до захвату вільних електронів, утворюючи при цьому малорухомі важкі йони, унаслідок чого розвиток електронних лавин перекриття стає затрудженим.

У неоднорідних електричних полях максимальна напряга пробою елегазу виникає при тиску, близько 0,2 МПа.

**Елегаз є прекрасним середовищем для гасіння дуги** унаслідок низької температури розпаду молекул і високої енергії цього розпаду. При охолодженні елегазу електричної дуги вона залишається струмопровідною до відносно низької температури, мінімізуючи тим самим можливість переривання струму до його переходу через нуль, що унеможливило виникнення перенапруг великої кратності.

В електричній дузі температура може досягати 15000К, що призводить до **розпаду невеликої частини елегазу**. Деякі з цих побічних продуктів розпаду можуть бути токсичними, але більшість із них легко адсорбується такими матеріалами, як активований оксид алюмінію або молекулярних сірок.

**Швидкість звуку в елегазі** в три рази менша ніж у повітрі, унаслідок чого він є гарним звуковим ізолятором.

**Хімічні властивості елегазу.** Склад молекули елегазу повністю відповідає валентності сірки. Елегаз має такі властивості:

- при відсутності металевих каталізаторів його можна нагріти до 500°C без розпаду молекул;
- не запалюється, не розчиняється у воді та під дією кислот;
- водень, хлор і кисень не мають на нього ніякого впливу.

**Використання та поведження з елегазом у комутаційному устаткуванні.**

**Заповнення новим елегазом.** Новий газ SF<sub>6</sub> поставляється в балонах у рідкому стані повинен відповідати стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК - 376), яка визначає межі концентрацій домішок.

З новим газом можна виконувати роботи на відкритому повітрі без будь-яких спеціальних засобів захисту. При роботі в закритому приміщенні з новим газом SF<sub>6</sub> необхідно враховувати:

- граничне значення для нового газу SF<sub>6</sub> дорівнює 6000 мг/м<sup>3</sup>, що допускає знаходження обслуговуючого персоналу в середовищі з концентрацією газу до цього рівня протягом восьми годин за добу;

- температура, вища ніж 500°C, або наявність деяких металів при температурі, вищій ніж 200°C, викликають розпад SF<sub>6</sub>. При граничних температурах не рекомендовано курити, використовувати відкритий вогонь, електрозварювання.

Детальні вимоги та рекомендації щодо роботи з елегазом надаються відповідними компаніями-виробниками обладнання.

**Обслуговування елегазового устаткування.** Герметичне устаткування середньої напруги не потребує обслуговування частин, що перебувають усередині елегазових вимикачів. Однак, для деяких конструкцій КРУЕ середньої напруги може знадобитися обслуговування, а для більшості вимикачів середньої напруги обслуговування повинне здійснюватися на періодичній основі, що визначається інструкціями та документацією виробника обладнання.

При розширенні розподільного пристрою КРУЕ, як середнього, так і високої напруги, може з'явитися необхідність у видаленні SF<sub>6</sub>. Безпечні методи роботи в цих умовах здійснюються відповідно до вимог спеціальних будівельних норм і правил, а також рекомендацій виробника устаткування.

**Витоки елегазу з високовольтних апаратів за міжнародними стандартами мають становити не більше 1% у рік від маси його заправки.**

**Закінчення терміну служби елегазового устаткування.** Елегазове устаткування, зняте з експлуатації, може потребувати нейтралізацію продуктів розпаду, що залишилися після видалення газу. Для захисту навколишнього середовища SF<sub>6</sub> необхідно видалити й не випускати в атмосферу. Необхідність нейтралізації залежить від рівня розпаду; очікувані рівні розпаду (від десятих часток відсотка до граничних) наведено для кожного виду устаткування в інструктивних матеріалах відповідних фірм.

У високовольтних апаратах рекомендовано використовувати елегаз **не більше 10 років**, оскільки далі в ньому може накопичуватися значна кількість різних домішок, небезпечних як для живих організмів, так і для функціонування самого устаткування.

**Утилізація елегазу** здійснюється за допомогою компресора або кріонасоса, що працює на рідкому азоті, а також комбінованого використання сорбційного і вакуумного насосів або компресора.

**Позаштатні ситуації, що** виникають дуже рідко, можуть призводити до неконтрольованого випуску газу SF<sub>6</sub>, з відповідним ризиком для обслуговуючого персоналу. До таких ситуацій відносяться:

- витік газу внаслідок розгерметизації корпусу відповідного устаткування;
- внутрішнє коротке замикання внаслідок неконтрольованого утворення дуги в корпусі устаткування з елегазом;
- зовнішнє загоряння, що призводить до неконтрольованого витоку.

Дії персоналу в позаштатних ситуаціях регламентуються відповідними документами компаній та міжнародними стандартами.

**Елегаз і навколишнє середовище.** Елегаз значно менше впливає на виснаження стратосферного озону, тому що не містить хлору, який є головним реагентом у каталізі озону. Вплив SF<sub>6</sub> на парниковий ефект, через низьку частку (0,2%) його в атмосфері (МЕК – 1634) незначний.

Порівняльний вклад різних газів в глобальне потепління		
Парниковий газ	Відносний потенціал глобального потепління	Відносний вклад в парниковий ефект (%)
CO <sub>2</sub>	1	62
CH <sub>4</sub>	24,5	20
N <sub>2</sub> O	320	8
PFC 11-12 (фторвуглець)	5000-8000	10
SF <sub>6</sub>	23000	< 0,1

Багаторічний досвід експлуатації показує, що SF<sub>6</sub> не створює ні обслуговуючому персоналу, ні навколишньому середовищу будь-якої небезпеки при дотриманні регламентованих виробниками устаткування правил поведінки й експлуатації елегазового устаткування, а також чинних міжнародних і приведених до них національних стандартів.



### **Джерела інформації:**

1. *Международный Совет по большим электроэнергетическим системам (CIGRE) – «Отчет о втором международном исследовании опыта эксплуатации высоковольтных подстанций с элегазовой изоляцией (КРУЭ)» и «Руководство пользователя по применению комплектного распределительного устройства с элегазовой изоляцией (КРУЭ) на номинальное напряжение 72,5 кВ и выше» (CIGRE WG 23-10) – [www.cigre.org](http://www.cigre.org)*

2. *Матеріали провідних зарубіжних компаній:*

*ABB – [www.abb.com](http://www.abb.com)*

*Schneider Electric – [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)*

*Siemens AG – [www.siemens.com/](http://www.siemens.com/)*

*Compton Greaves – <http://www.cgglobal.com/>*

*AREVA – [www.areva.com/](http://www.areva.com/)*

*ALSTOM – [www.alstom.com](http://www.alstom.com)*

*ФСК «ЕЭС» России – [www.fsk-ees.ru/](http://www.fsk-ees.ru/)*

3. *Матеріали третьої Міжнародної науково-технічної конференції «Впровадження элегазового обладнання на підприємствах енергетики України та проблеми його експлуатації»*

4. *«О надежности ячеек элегазовых выключателей 110-750 кВ подстанций» Дементьев Ю.А., Мисриханов М.Ш., Столяров Е.И., ОАО «ФСК ЕЭС»; Абдурахманов А.М., Федоров В.Е., Шунтов А.В. ОАО «Специализированное проектно-конструкторское бюро по ремонту и реконструкции», «Электрические станции», 2011, №1*

### **Інформаційні джерела в мережі Інтернет:**

*Производственно-коммерческая фирма "Гармония" <http://www.garmony.com.ua/>*

*Научно-производственная коммерческая компания «АКТЭНС» <http://www.aktens.ru/>*

*Энергетика. Оборудование. Документация <http://forca.ru/>*

### **Використані публікації з журналів:**

*«Энергетик» – №4/2010*

*«Электроэнергетика» – №1,3,5/2010*

*«Электрические сети и системы» – №5/2009, №3,5/2010*