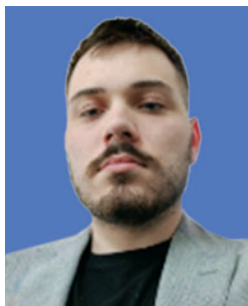


УДК 621.316

Р.О. Буйний,
к.т.н., доцентО.В. Гай,
к.т.н., доцентІ.В. Діхтярук,
к.т.н.А.О. Ворушило,
інженер
НЕК "Укренерго"УКРЕНЕРГО
Національна енергетична компанія

ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИНЦИПОВИХ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК, ПРИЄДНАНИХ ДО ОБМОТОК НИЗЬКОЇ НАПРУГИ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ 35–750 кВ

ВСТУП

Надійність розподільних електричних мереж (далі — ЕМ) 6–20 кВ залежить не тільки від структури самої електричної мережі, але і від надійності центрів живлення, якими виступають шини низької напруги підстанцій (далі — ПС) 35–150 кВ операторів систем розподілу (далі — ОСР).

Слід зазначити, що розподільні мережі подекуди отримують живлення від обмоток низької напруги (далі — НН) (авто)трансформаторів ПС 220–330 кВ, що дозволяється пунктом 4.2.221 чинних ПУЕ [1]. Через неможливість забезпечення нормативних відхилень напруги [2] у ЕМ 6–20 кВ наявними засобами регулювання напруги під навантаженням за усіх можливих нормальних та післяаварійних режимів роботи ЕМ 110–330 кВ доводиться застосовувати лінійні регульовальні трансформатори [1]. Проте, згідно із вимогами [3], під час спорудження нових та реконструкції існуючих ПС 220–330 кВ оператора системи передачі (далі — ОСП) слід уникати приєднання до обмоток НН (авто)трансформаторів ЕМ 6–20 кВ ОСР, оскільки застосування додаткових засобів регулювання напруги призводять до збільшення технологічних витрат електричної енергії та до погіршення надійності розподільних установок (далі — РУ) ПС.

Отже, у сучасних умовах до обмоток НН (авто)трансформаторів ПС 220–330 кВ ОСП слід приєднувати тільки електроприймачі власних потреб ПС, від яких залежить не тільки надійне життєзабезпечення технологічного обладнання, але і надійність функціонування самої ПС. Забезпечення надійного живлення електроприймачів власних потреб на ПС 35–150 кВ ОСР також є важливою задачею, яку слід вирішувати ще на етапі проектування.

В цій роботі наведено обґрунтування схем електричних з'єднань РУ, приєднаних до обмоток НН (авто)трансформаторів ПС 35–750 кВ, та схем живлення власних потреб таких ПС.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Діючі нормативні документи, зокрема [1, 4], регламентують застосування в РУ ПС схем електричних з'єднань, наведених на **рис. 1**.

Вибір тієї чи іншої схеми для РУ 6–20 кВ ПС 35–750 кВ, в першу чергу, обумовлений необхідністю забезпечення допустимих величин струмів короткого замикання, оскільки вони суттєво впливають на величину подальших інвестицій у електрообладнання ПС.

Під час проектування нових ПС, за можливості, слід віддавати перевагу більш простим схемам РУ, які будуть мати мінімальну кількість допоміжного обладнання: струмообмежувальних реакторів, лінійно-регульовальних трансформаторів тощо [1].

Найпростішою є схема (6–20)–1 “одна, секціонована вимикачем, система шин” (**див. рис. 1, а**), яка є найменш витратною за кількістю електрообладнання та застосовується з силовими трансформаторами з нерозщепленими обмотками НН. Межа її області застосування пов'язана із комутаційною здатністю вимикачів потужності.

Сучасні вимикачі потужності (вакуумні та елегазові) мають достатньо велику комутаційну здатність. Так, наприклад, **серія вимикачів VD4 фірми АВВ** на напруги 10–35 кВ може забезпечувати комутаційну здатність та термічну стійкість на рівні 16, 20, 25 та 31,5 кА, якої достатньо для більшості рішень. Деякі зразки цієї серії (генераторного типу) забезпечують комутаційну здатність та термічну стійкість у 40, 50 та 63 кА [5].

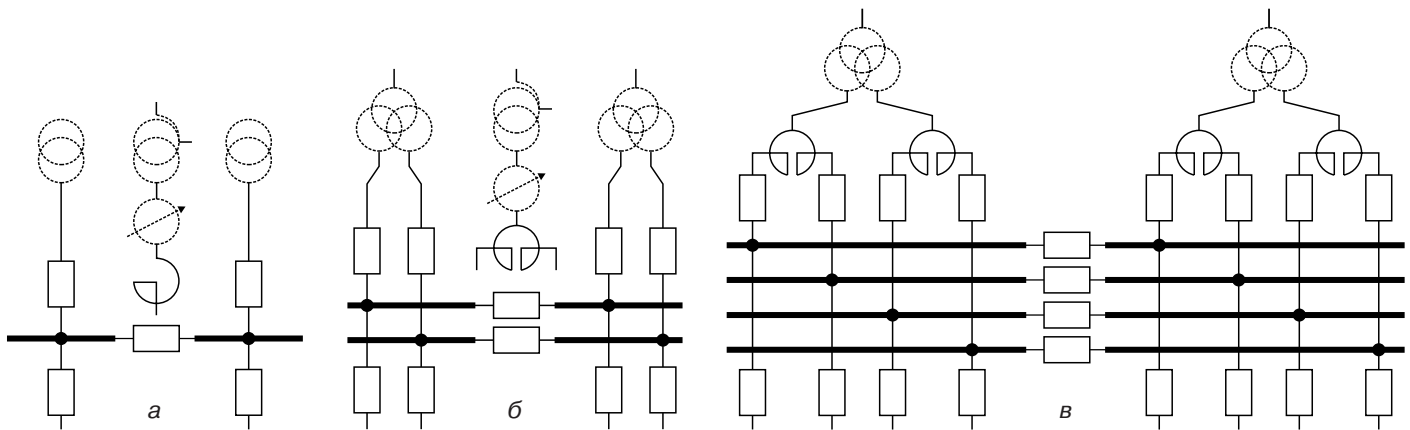


Рис. 1. Схеми РУ 6-20 кВ для ПС з ВН від 35-330 кВ: **а** — (6-20)-1 “одна, секціонована вимикачем, система шин”; **б** — (6-20)-2 “дві, секціоновані вимикачами, системи шин”; **в** — (6-20)-3 “чотири, секціоновані вимикачами, системи шин”

Струмообмежувальні реактори у схемі “(6-20)-1” можуть застосовуватися у випадках:

- необхідності зменшення величини струмів КЗ на існуючих ПС, які будуть зростати через розвиток прилеглої ділянки електричної мережі;
- необхідності забезпечення залишкової напруги на шині(-ах) ПС у разі коротких замикань на фідерах.

Під час проектування нових ПС, за можливості, слід уникати використання струмообмежувальних реакторів, оскільки вони призводять до додаткових втрат потужності. **За потреби зменшення струмів КЗ до необхідного рівня (до комутаційної здатності вимикачів) необхідно розглядати варіанти:**

- спорудження електричної мережі на напрузі 20 кВ;
- використання трансформаторів із розщепленою обмоткою НН.

У випадку використання трансформаторів із розщепленою обмоткою НН слід застосовувати схему електричних з’єднань РУ ПС (6-20)-2 “дві, секціоновані вимикачами, системи шин” (див. рис. 1, б). У виняткових випадках дана схема також може застосовуватися для існуючих ПС, коли виникає потреба у зменшенні струмів КЗ, шляхом застосування здвоєних реакторів у колах обмоток НН силових трансформаторів.

Слід зазначити, що застосування схеми (6-20)-2 “дві, секціоновані вимикачами, системи шин” дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів за рахунок відповідного розподілення приєднань між більшою кількістю секцій, які можна вважати незалежними центрами живлення.

В окремих випадках, коли використання трансформаторів із розщепленою обмоткою НН не забезпечує потрібні рівні струмів КЗ, у якості додаткового заходу зі зниження струмів КЗ можуть застосовуватися здвоєні реактори у колах обмоток НН силових трансформаторів (див. рис. 1, в). Така найскладніша та найвитратніша схема електричних з’єднань (6-10)-3 “чотири, секціоновані вимикачами, системи шин” може виявитися необхідною для потужних цехових ПС з ВН 110–220 кВ з одиничною потужністю трансформаторів 80-160 МВА. Розрахунки показують, що у разі реалізації розподільної мережі на

напрузі 20 кВ струми короткого замикання на шинах ПС 110–330 кВ не будуть перевищувати допустимих значень комутаційної здатності та термічної стійкості сучасних вимикачів потужності [5], тому схему електричних з’єднань (6-10)-3 не слід поширювати на клас напруги 20 кВ.

В РУ ПС зі схемами “(6-20)-1”, “(6-20)-2” та “(6-10)-3” слід передбачати переважно роздільну роботу секцій шин. Режим з паралельною роботою секцій є небажаний, оскільки під час КЗ на будь-якому фідері ЕМ 6–20 кВ напруга на обох секціях може зменшитися до нуля (на час роботи РЗА) з порушенням нормальної роботи усіх споживачів, приєднаних до цих секцій. У разі значної потужності силових трансформаторів ПС струм КЗ може збільшитися до величин, які обумовляють застосування електрообладнання з більшою термічною стійкістю і силових кабелів з більшими перерізами жил та екранів.

Оскільки схеми “(6-20)-1”, “(6-20)-2” та “(6-10)-3” достатньо прості, наочні та однотипні, то їх слід споруджувати із використанням комплектних розподільних установок заводського виготовлення.

У разі спорудження однотрансформаторної ПС слід застосовувати схеми з несекціонованими системами шин.

На першому етапі спорудження двотрансформаторної ПС (із встановленням тільки одного силового трансформатора) також може передбачатися улаштування тільки половини секцій шин, або ж спорудження двох секцій, з’єднаних перемичкою (рис. 2). В такому випадку надійність живлення споживачів повинна забезпечуватися улаштуванням мережевого резерву.

Схеми “(6-20)-1”, “(6-20)-2” та “(6-10)-3” (див. рис. 1) охоплюють усі можливі варіанти реалізації РУ 6-20 кВ ПС 35-750 кВ. Можливе застосування у цих схемах лінійних регулювальних трансформаторів повинно бути обґрунтованим, оскільки їх наявність зумовлює додаткові технологічні витрати електричної енергії та погіршує надійність РУ ПС.

Запровадження розподіленої генерації в електричних мережах буде сприяти розосередженню та розукрупненню електричних ПС в електричних мере-

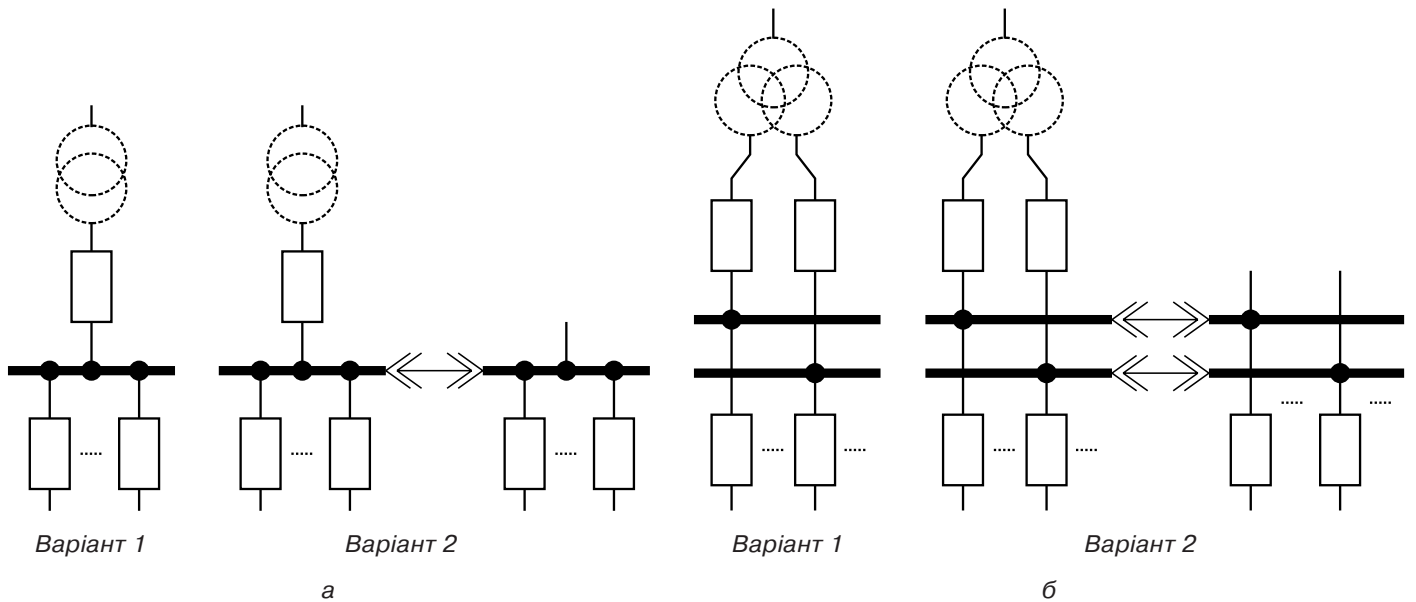


Рис. 2. Можливі початкові етапи розвитку схем “(6-20)-1” (а) та “(6-20)-2” (б)

жах ОСР. Слід очікувати перспективного зменшення одиничної потужності силових трансформаторів на ПС ОСР до 16 МВА, що буде сприяти зменшенню струмів КЗ і, як наслідок, можливості застосування, у більшості випадків, найпростішої схеми 10(6,20)-1 — “одна, секціонована вимикачем, система шин”.

В діючих нормативних документах, зокрема [1, 4], наводиться лише одна схема для живлення приймачів власних потреб від РУ НН 6-35 кВ — схема “НН-1” (див. рис. 3).

Схема “НН-1” передбачає приєднання трансформаторів власних потреб (далі — ТВП) до секцій шин РУ НН ПС 220–750 кВ мережі ОСП (див. п. 4.2.226 ПУЕ) [1]. Проте, згідно із п. 4.2.225 ПУЕ [1], “на всіх ПС 110 кВ і вище, а також на двотрансформаторних ПС напругою 35 кВ потрібно встанов-

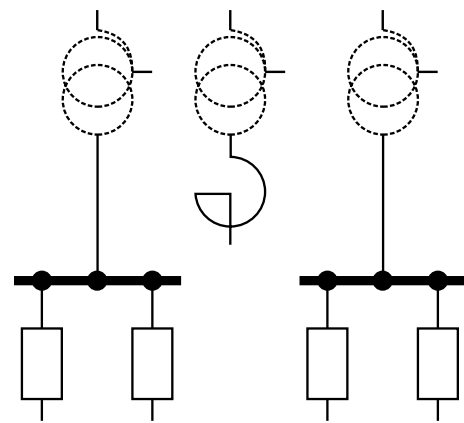


Рис. 3. Схема РУ 6-35 кВ “НН-1” для живлення трансформаторів власних потреб

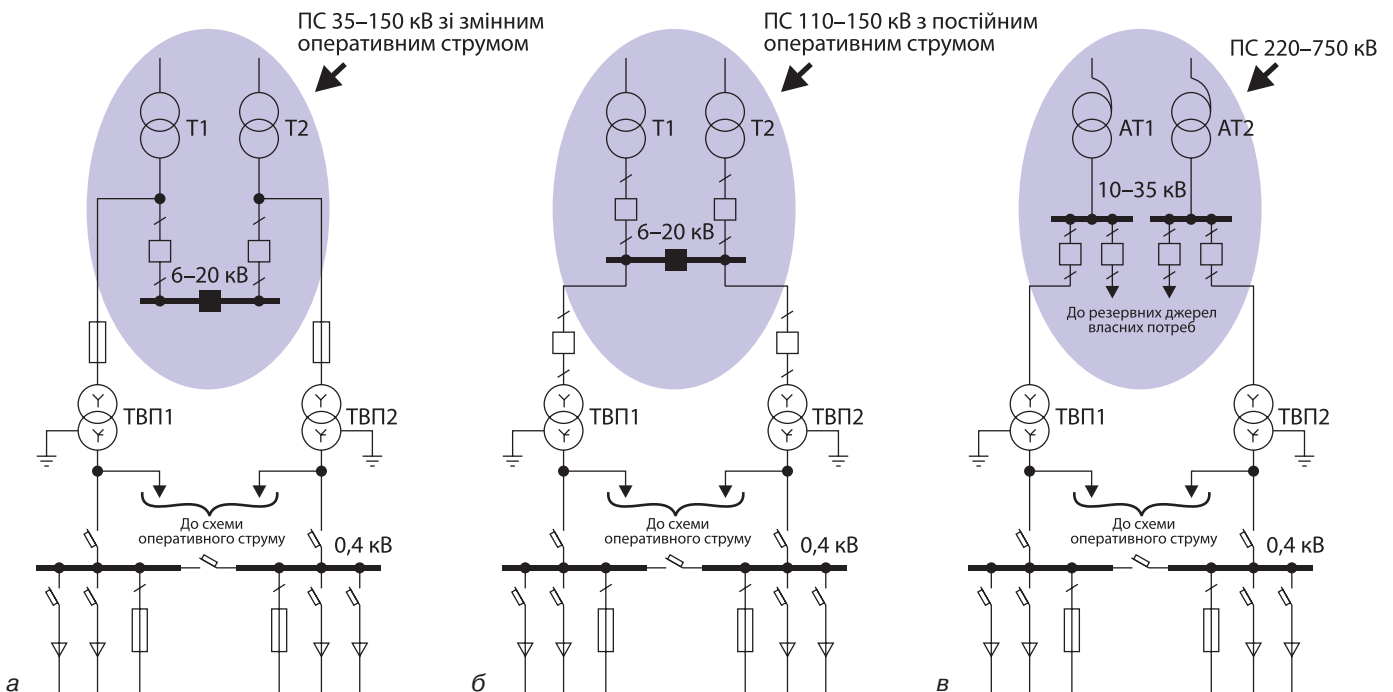


Рис. 4. Схеми живлення приймачів власних потреб ПС: а — 35–150 кВ зі змінним та випрямленим оперативним струмом; б — 35–150 кВ з постійним оперативним струмом; в — 220–750 кВ (з постійним оперативним струмом)

лювати не менше двох трансформаторів власних потреб, які приєднують до різних секцій шин РУ або до уводів різних основних трансформаторів”. Тобто, ПУЕ передбачають приєднання ТВП також до уводів — до так званого “шинного мосту” (між виводами НН силового трансформатора та ввідним вимикачем) (рис. 4, а). Саме таке приєднання ТВП дозволяє забезпечити надійне живлення приймачів власних потреб у випадках відключення обох секцій шин НН підстанції (у випадках використання змінного та випрямленого оперативного струму). Як правило, ТВП приєднують до “шинного мосту” через запобіжники (рис. 4, а). Проте, з метою підвищення надійності живлення власних потреб та зменшення витрат на обслуговування доцільно ТВП приєднувати через вимикачі потужності. Тому пропонується включити до **таблиці 4.2.13 ПУЕ** відповідну схему, яка буде доповнювати **п. 4.2.225 ПУЕ**. Таке приєднання ТВП знайшло застосування на більшості ПС 35–150 кВ ОСР, окрім ПС вузлового

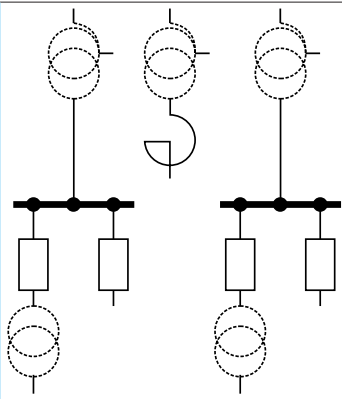
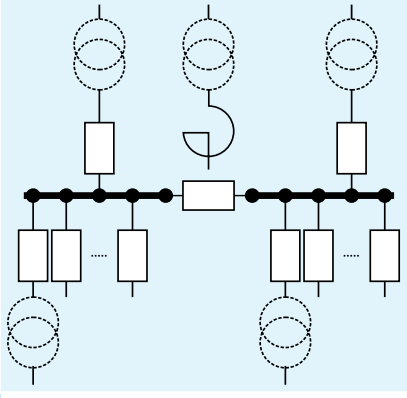
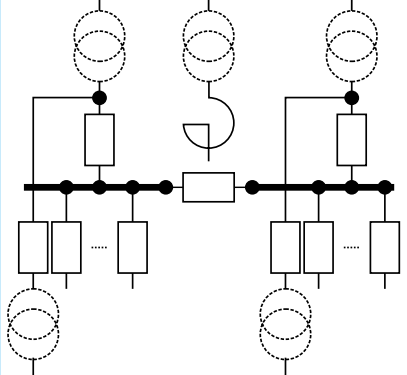
типу — де застосовується постійний оперативний струм (рис. 4, б).

Слід зазначити, що у схемі “НН-1” в РУ НН відсутні ввідні вимикачі, що обумовлено тим, що на ПС 220–750 кВ до шин НН заборонено приєднувати сторонні споживачі [3]. Також у такій схемі відсутній секційний вимикач (рис. 4, в). Проте, до шин НН вузлових ПС 110–150 кВ ОСР підключаються лінійні приєднання, що живлять місцеву електричну мережу. В такому випадку встановлення ввідного вимикача РУ НН є обов’язковим, а також передбачається секційний вимикач (див. рис. 4, б).

Незалежно від виду системи оперативного струму доцільно приєднувати ТВП до незалежних джерел живлення (наприклад до ЛЕП 10–35 кВ, яка отримує живлення від іншої ПС, чи резервних ДЕС).

Враховуючи вищезазначене пропонується доповнити **таблицю 4.2.13 ПУЕ** схемами, які будуть доповнювати **п. 4.2.225** та **п. 2.2.226 ПУЕ** (див. **табл. 1**).

Таблиця 1. Пропонований перелік схем РУ 6-35 кВ для живлення трансформаторів власних потреб ПС і сфера їх застосування

Шифр	Умовне зображення	Додаткові умови застосування
НН-1		Живлення власних потреб ПС з ВН від 220 кВ до 750 кВ з постійним оперативним струмом
НН-2		Живлення власних потреб ПС з ВН від 35 кВ до 150 кВ з постійним оперативним струмом
НН-3		Живлення власних потреб ПС з ВН від 35 кВ до 150 кВ зі змінним та випрямленим оперативним струмом. За відповідного обґрунтування дозволяється приєднувати трансформатори власних потреб через запобіжники

ВИСНОВКИ

1. Під час проектування нових та реконструкції існуючих ПС, за можливості, слід уникати використання струмообмежувальних реакторів та лінійно регулювальних трансформаторів, оскільки вони призводять до додаткових втрат потужності. За можливості слід використовувати найпростішу схему (6-20)-1 “одна, секціонована вимикачем, система шин”, яка є найменш витратною за кількістю електрообладнання.

2. За потреби зменшення струмів КЗ до необхідного рівня слід споруджувати розподільну ЕМ на напрузі 20 кВ або використовувати трансформатори із розщепленою обмоткою низької напруги із застосуванням в РУ ПС схеми (6-20)-2 “дві, секціоновані вимикачами, системи шин”.

3. В окремих випадках на ПС з ВН 110–220 кВ (з одиночною потужністю трансформаторів 80–160 МВА), коли використання трансформаторів із розщепленою обмоткою низької напруги не забезпечує потрібні рівні струмів КЗ, у якості додаткового заходу зі зниження струмів КЗ можуть застосовуватися здвоєні реактори, що обумовлює застосування схеми (6-10)-3 “чотири, секціоновані вимикачами, системи шин”, яка є найбільш витратною та складною.

4. Для живлення електроприймачів власних потреб ПС 35–150 кВ з постійним оперативним струмом чи змінним/випрямленим оперативним струмом слід застосовувати схеми “НН-2” та “НН-3” відповідно. Такі схеми будуть доповнювати вимоги п. 4.2.225 та п. 2.2.226 ПУЕ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. — Видання офіційне. Міненерговугілля України. — Х.: Форт, 2017. — 760 с.
2. ДСТУ EN50160: 2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення.
3. СОУ НЕК 20.261: 2021 Стандарт підприємства. Технічна політика НЕК Укренерго у сфері розвитку та експлуатації магістральних та міждержавних електричних мереж.
4. СОУ-Н ЕЕ 20.178: 2008 Схеми принципові електричних розподільчих установок напругою від 6 до 750 кВ електричних підстанцій: Настанова.
5. Distribution solutions. VD4 Medium voltage vacuum circuit breakers 12...40.5 kV – 630...4000 A – 16...63 kA — 160 p.



ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК СПОЖИВАЧІВ

Я. С. Бедерак, В. І. Тарадай

У видавництві “Форт” м. Харків в грудні 2020 року побачив світ навчальний посібник “Забезпечення надійної роботи електроустановок споживачів”. У посібнику розглянуто різноманітні причини несправностей електрообладнання та його виходу з ладу.

Приведені докладні настанови з огляду електроустановок споживачів, детальні переліки дефектів, що їх зазвичай виявляють на етапі огляду. Узагальнено заходи, спрямовані на підтримку справного стану обладнання. Книга призначена для інженерно-технічних працівників у сфері забезпечення електропостачання підприємств, а також електромонтерів, які займаються експлуатацією електроустаткування напругою до і понад 1000 В у різних галузях народного господарства.

Посилання на сторінку інтернет-магазину видавництва:

http://www.fort.kharkiv.com/news.php?action=view&cont_id=488