

В. В. Грабко¹
В. В. Грабко¹
В. В. Николаєнко¹

ОЦІНЮВАННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ ПОВІТРЯНОГО ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВИМИКАЧА

¹Вінницький національний технічний університет

Повітряні високовольтні вимикачі нарівні з вакуумними та елегазовими широко використовуються в електричних мережах для комутації робочих і аварійних струмів. В повітряних високовольтних вимикачах гасіння електричної дуги, що виникає в процесі комутації вимикачем робочих або аварійних струмів, здійснюється під впливом стисненого повітря. Тому, очевидно, роботоздатність таких вимикачів суттєво залежить від стану готовності системи підготовки стисненого повітря, що накладає підвищені вимоги до технічних засобів підготовки стисненого повітря. В роботі проаналізовано можливі відхилення від нормальної роботи окремих елементів системи підготовки стисненого повітря і на його основі розроблено математичну модель. Сформовано граф функціонування системи підготовки стисненого повітря, яким враховуються всі основні можливі ситуації в її роботі. З використанням математичного апарату секвенцій за виразами, що описують граф функціонування системи підготовки стисненого повітря, отримано мінімізований опис її функціонування, за яким синтезовано структуру відповідного пристрою з використанням промислової елементної бази. Застосування розробленого пристрою дозволяє контролювати герметичність тракту підготовки та накопичення стисненого повітря, коректність роботи сенсора тиску та каналу вимірювання тиску, роботу компресора та привідного електродвигуна, що дає можливість оцінювати роботоздатність системи та своєчасно інформувати персонал про можливі несправності. В пристрій сигнали надходять з виходу сенсора тиску стисненого повітря, яким вимірюється значення тиску в тракті підготовки стисненого повітря, та сенсора напруги, розташованого в колах живлення електродвигуна. Інформація з сенсорів оброблюється за результатами вимірювань в стані готовності до комутації, після завершення комутації та в стані готовності після завершення комутації, на підставі чого формується висновок щодо відхилень в роботі системи підготовки стисненого повітря.

Ключові слова: повітряний високовольтний вимикач, система підготовки стисненого повітря, роботоздатність, контроль, математична модель, пристрій.

Вступ

Відомо, що повітряні високовольтні вимикачі поряд з вакуумними та елегазовими широко використовуються в електроенергетичних системах. В повітряних вимикачах гасіння електричної дуги в момент комутації відбувається стисненням повітрям [1], [2]. Конструктивні схеми повітряних вимикачів різні і залежать від їхньої номінальної напруги, способу подачі стисненого повітря в дугогасильний пристрій, а також від способу створення ізоляційного проміжку між контактами. Зауважимо, що конструкція повітряних вимикачів реалізується за модульним принципом з нарощенням окремих модулів у разі підвищення класу напруги, що є і вигідним, і раціональним з економічної точки зору.

Зважаючи на те, що вакуумні вимикачі використовуються в основному на низьких класах напруги в розподільних мережах, а елегазові вимикачі потребують додаткового електропідігріву під час роботи в холодну пору року, повітряні вимикачі мають перспективу ще довготривалого застосування в електроенергетичному господарстві.

Відомо також, що повітряні вимикачі виготовляються на різні номінальні робочі струми та на

номінальні струми відключення. В переважній більшості в залежності від значення тиску стисненого повітря, який може досягати 6...8,5 МПа [3], та об'єму повітря, що використовується для гасіння дуги, визначається і максимальне значення комутованого струму.

Отже, роботоздатність системи підготовки стисненого повітря має ключове значення в роботі повітряного вимикача і до неї висуваються підвищені вимоги [4]. Зазначимо, що така система складається власне з компресора, яким в парі з приводним двигуном здійснюється нагнітання стисненого повітря в резервуар, що в подальшому використовується для гасіння електричної дуги.

Очевидно, що зазначена система, як і інше обладнання з часом втрачають свої робочі характеристики, зокрема, можлива часткова розгерметизація, погіршення характеристик компресора, пониження достовірності роботи каналу вимірювання тиску стисненого повітря тощо.

Тому *метою роботи* є розробка математичної моделі та засобу для оцінки роботоздатності системи підготовки стисненого повітря.

Результати дослідження

Побудуємо математичну модель, яка відображає сутність роботи системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача.

Введемо позначення. Нехай P_n — поточне номінальне значення тиску стисненого повітря у стані готовності повітряного вимикача до чергового відключення. Позначимо мінімальне P_{\min} та максимальне P_{\max} значення тиску стисненого повітря в режимі готовності до чергової комутації.

Отже, вираз $P_{\min} \leq P_n \leq P_{\max}$ свідчить про можливе незначне відхилення значення тиску стисненого повітря у стані готовності повітряного вимикача до чергового відключення.

Позначимо P_1 — значення тиску стисненого повітря в умовний початок відліку часу t_1 , а P_2 — значення тиску стисненого повітря в інший момент часу t_2 , причому $t_2 > t_1$. Підкреслимо, що ці значення беремо до уваги у стані готовності повітряного вимикача до чергового відключення.

Очевидно, що коли $P_1 - P_2 \geq \Delta P_1$ за умови $t_2 - t_1 \geq \Delta t_1$, де ΔP_1 — максимальна різниця між середнім та мінімальним значеннями тиску стисненого повітря за мінімально допустимий час Δt_1 , то це свідчить або про деяку несуттєву розгерметизацію в колах накопичення стисненого повітря, або про несправність сенсора тиску чи каналу вимірювання тиску стисненого повітря.

Якщо у такому ж стані готовності виявиться, що $P_2 > P_1$ за деякий час спостереження без вмикання компресора, то це однозначно є ознакою несправності сенсора тиску чи каналу вимірювання тиску стисненого повітря.

Зазначимо також, що коли швидкість пониження тиску стисненого повітря в колах накопичення стисненого повітря перевищує допустиму, тобто $(dP/dt) > (dP/dt)_{\text{доп}}$, то це є свідченням серйозної розгерметизації або знову ж таки фактом несправності сенсора тиску чи каналу вимірювання тиску стисненого повітря.

Розглянемо ситуацію, коли повітряним вимикачем здійснено комутацію та відбувається закачування повітря у резервуар.

Якщо значення тиску закачаного в резервуар повітря після зупинки компресора більше максимально допустимого, то це свідчить про несправність сенсора тиску або несправність в колах зворотного зв'язку вимірювання тиску стисненого повітря.

У випадку, коли значення тиску закачаного повітря після зупинки компресора менше мінімально допустимого, то це може відбуватись внаслідок несправності компресора або сенсора тиску, або несправності в колах зворотного зв'язку вимірювання тиску. І якщо тиск стисненого повітря понижується, то очевидно, що це є наслідком розгерметизації в тракці накопичення стисненого повітря.

На будь-якому кроці зміни станів системи підготовки стисненого повітря може зникнути напруга на електродвигуні компресора, що однозначно має доводитись оперативному персоналу. Якщо, наприклад, електричний двигун робочий, а повітря під тиском не нагнітається, то причиною цьому може бути несправність компресора. Виявити таку поломку нескладно, зокрема, з використанням сенсора швидкості на валу двигуна та подальшим аналізом контрольованих величин.

Зрозуміло, що кожний раз, коли виникає якась нештатна ситуація, оперативний персонал з'ясовує тип пошкодження або некоректності в роботі елементів системи підготовки стисненого повітря та відновлює її нормальну роботу.

Наведені міркування і є елементами математичної моделі для оцінки стану роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного високовольтного вимикача.

Застосування запропонованої математичної моделі передбачає наявність в системі підготовки

стисненого повітря низки сенсорів, а саме — сенсора тиску стисненого повітря, сенсора напруги на електродвигуні та сенсора швидкості на його валу.

Для реалізації наведеної математичної моделі оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача авторами застосовано математичний апарат секвенцій [5], який дозволяє, використовуючи логічну послідовність дій вказаної системи, безпосередньо з мінімізованих логічних виразів опису поведінки зазначеної системи отримати елементи структури засобу для її діагностування. Приклад подібного використання секвенцій викладено в роботі [6].

Введемо ще деякі додаткові позначення, а саме: U — наявність напруги живлення електричного двигуна компресора; \bar{U} — відсутність напруги; K — підкачування повітря компресором; C — процес комутації повітряним вимикачем; D — пониження тиску стисненого повітря; V — прискорене пониження тиску стисненого повітря; Q — швидке пониження тиску стисненого повітря; M — несправність у колах вимірювання тиску стисненого повітря; N — відсутність несправності у роботі системи підготовки стисненого повітря. Символом R позначимо початкове введення системи підготовки стисненого повітря в експлуатацію.

Відповідно до логіки функціонування системи підготовки стисненого повітря побудовано граф її функціонування, показаний на рис. 1.

На рис. 1 стани, в яких може перебувати система підготовки стисненого повітря, позначено так: S_0 — початковий стан готовності системи підготовки стисненого повітря (ПСП); S_1 — стан пониженого тиску стисненого повітря внаслідок роботи повітряного високовольтного вимикача; S_2 — стан підвищеного тиску стисненого повітря в системі ПСП за відсутності комутації і без ввімкнення компресора; S_3 — стан пониженого тиску стисненого повітря в системі ПСП за відсутності комутації; S_4 — низький тиск стисненого повітря в системі ПСП за відсутності комутації; S_5 — тиск стисненого повітря в системі ПСП перевищує допустиме значення; S_6 — після підкачування повітря тиск стисненого повітря в системі ПСП менше допустимого значення; S_7 — відсутність стисненого повітря; S_8 — не працює привідний двигун компресора; S_9 — критично низький тиск стисненого повітря; S_{10} — двигун працює, компресором не підвищується рівень тиску повітря.

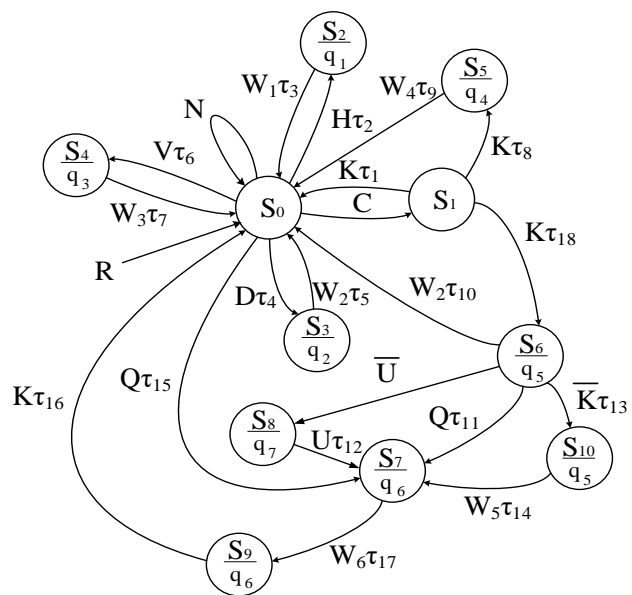


Рис. 1. Граф функціонування системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача

Виведення інформації оперативному персоналу щодо поведінки системи в різних станах позначимо так: q_1 — індикація підвищеного тиску; q_2 — індикація пониженого тиску; q_3 — індикація швидкого пониження тиску; q_4 — індикація перевищення тиску після комутації; q_5 — індикація неробочого компресора, двигун справний; q_6 — стиснене повітря відсутнє; q_7 — відсутність напруги живлення.

Підкреслимо, що обсяги виконуваних робіт ремонтним персоналом у разі виникнення тієї або іншої несправності позначено W_1, W_2, W_3, W_4, W_5 , та W_6 , а символами $\tau_3, \tau_5, \tau_7, \tau_9, \tau_{10}, \tau_{14}$ та τ_{17} — час, затрачений на пошук та ліквідацію відповідної несправності в системі підготовки стисненого повітря.

Очевидно, що наведені символи характеризують в цілому поведінку системи стисненого повітря і не мають відношення до функціонування системи оцінки роботоздатності системи підготовки стисненого повітря.

Зазначимо також, що символами $\tau_1, \tau_2, \tau_4, \tau_6, \tau_7, \tau_8, \tau_{11}, \tau_{12}, \tau_{13}, \tau_{15}, \tau_{16}$ та τ_{18} позначено час, необхідний для переходу з кожного попереднього стану в наступний в залежності від виконуваних дій системою підготовки стисненого повітря.

Згідно з математичним апаратом секвенцій позначимо переходи між станами системи такими виразами:

$$\left\{ \begin{array}{lll} R \vdash S_0; & K\tau_8 S_1 \vdash S_5; & K\tau_{16} S_9 \vdash S_0; \\ NS_0 \vdash S_0; & W_4 \tau_9 S_5 \vdash S_0; & S_2 \vdash q_1; \\ H\tau_2 S_0 \vdash S_2; & K\tau_9 S_1 \vdash S_6; & S_3 \vdash q_2; \\ W_1 \tau_3 S_2 \vdash S_0; & W_2 \tau_{10} S_6 \vdash S_0; & S_4 \vdash q_3; \\ D\tau_4 S_0 \vdash S_3; & Q\tau_{11} S_6 \vdash S_7; & S_5 \vdash q_4; \\ W_2 \tau_5 S_3 \vdash S_0; & \bar{U} S_6 \vdash S_8; & S_6 \vdash q_5; \\ V\tau_6 S_0 \vdash S_4; & U\tau_{12} S_8 \vdash S_7; & S_7 \vdash q_6; \\ W_3 \tau_7 S_4 \vdash S_0; & Q\tau_{15} S_0 \vdash S_7; & S_8 \vdash q_7; \\ CS_0 \vdash S_1; & \bar{K} \tau_{13} S \vdash S_{10}; & S_9 \vdash q_6; \\ K\tau_1 S_1 \vdash S_0; & W_5 \tau_{14} S_{10} \vdash S_7; & S_{10} \vdash q_5. \\ & W_6 \tau_{17} S_7 \vdash S_9; & \end{array} \right. \quad (1)$$

Фіксацію станів системи підготовки стисненого повітря будемо здійснювати, використовуючи елементи пам'яті (тригери). Нехай тригер T_1 відображає наявність факту виконання комутації повітряним вимикачем, T_2 — факт підвищення тиску стисненого повітря без виконання комутації; T_3 — факт пониження тиску стисненого повітря без виконання комутації; T_4 — низький тиск стисненого повітря без виконання комутації; T_5 — підвищений тиск стисненого повітря після виконання комутації; T_6 — понижений тиск стисненого повітря після виконання комутації; T_7 — відсутність стисненого повітря після виконання комутації; T_8 — факт роботоздатності електричного двигуна компресора; T_9 — факт роботоздатності компресора.

Зрозуміло, що коли йдеться про певний стан системи, в якому, до прикладу, тиск стисненого повітря набуває те чи інше значення, то для фіксації значення такого тиску необхідно використовувати ту кількість тригерів, що відповідають розрядності представлення певних значень тиску, наприклад, в двійковій системі числення [7].

Для спрощення математичних перетворень вважатимемо, що кожне відповідне значення тиску стисненого повітря фіксується одним тригером, а у разі фактичної реалізації пристрою матимемо на увазі необхідність використання сукупності тригерів у вигляді регістра для визначення кожного відповідного значення тиску стисненого повітря.

З урахуванням зазначених міркувань представимо стани системи підготовки стисненого повітря такими виразами:

$$\left\{ \begin{array}{ll} S_0 \in \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & S_6 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, \\ S_1 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & S_7 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, \\ S_2 \in \bar{T}_1 T_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & S_8 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, \\ S_3 \in \bar{T}_1 \bar{T}_2 T_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & S_9 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, \\ S_4 \in \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 T_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & S_{10} \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9. \\ S_5 \in T_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & \end{array} \right. \quad (2)$$

Здійснимо мінімізацію представлених математичних виразів (1) і (2) згідно з правилами апарату секвенцій. В результаті отримаємо:

$$\left\{ \begin{array}{ll} R \vdash \bar{T}_1 \bar{T}_2 \bar{T}_3 \bar{T}_4 \bar{T}_5 \bar{T}_6 \bar{T}_7 \bar{T}_8 \bar{T}_9, & \bar{K} \tau_{13} T_6 \vdash \bar{T}_9; \\ H\tau_2 \vdash \bar{T}_2; & K\tau_{16} T_1 T_7 \vdash \bar{T}_1 \bar{T}_1; \\ D\tau_4 \vdash T_3; & \tau_2(\bar{T}_1 \wedge T_2) \vdash q_1; \\ V\tau_6 \vdash T_4; & \tau_4(\bar{T}_1 \wedge T_3) \vdash q_2; \\ C \vdash T_1; & \tau_6(\bar{T}_1 \wedge T_4) \vdash q_3; \\ K\tau_8 \vdash T_5; & \tau_8(\bar{T}_1 \wedge T_5) \vdash q_4; \\ K\tau_{18} \vdash T_6; & (U\tau_{18} \vee \tau_{13}) \wedge (T_1 \wedge T_6) \vdash q_5; \\ \bar{U} T_6 \vdash \bar{T}_8; & \tau_{11}(T_1 \wedge T_7) \vdash q_6; \\ U\tau_{12} \bar{T}_8 \vdash T_7; & \bar{U} \vdash q_7; \\ Q\tau_{11} T_6 \vdash T_7; & \end{array} \right. \quad (3)$$

Підкреслимо, що з математичних виразів (1), які описують в цілому переходи між станами системи підготовки стисненого повітря, перед мінімізацією логічних описів поведінки зазначеної системи ми вилучаємо вирази, що стосуються виконання ремонтних робіт для усунення певної несправності, оскільки вони не є складовою засобу оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря.

Здійснимо перетворення мінімізованих математичних виразів (3) в структуру засобу для оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача. В результаті з використанням наявної елементної бази [7] та застосування окремих додаткових блоків і елементів прив'язки до повітряного вимикача отримаємо структурну схему пристрою оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача, показану на рис. 2.

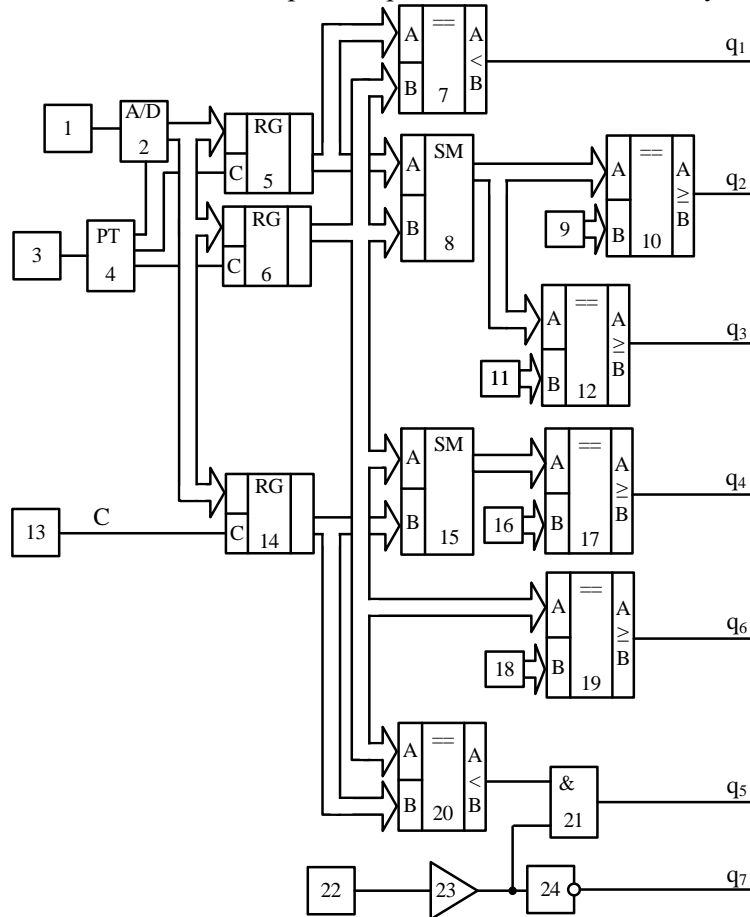


Рис. 2. Структурна схема пристрою оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача: 1 — сенсор тиску; 2 — аналого-цифровий перетворювач; 3 — генератор імпульсів; 4 — розподільвач тактів; 5, 6 — регістри; 7 — цифровий компаратор; 8 — цифровий суматор; 9 — блок задання сигналу допустимого пониження значення тиску; 10 — цифровий компаратор; 11 — блок задання сигналу недопустимого пониження значення тиску; 12 — цифровий компаратор; 13 — сенсор комутації повітряного вимикача; 14 — регістр; 15 — цифровий суматор; 16 — блок задання сигналу допустимого підвищення значення тиску; 17 — цифровий компаратор; 18 — блок задання сигналу мінімального значення тиску; 19 — цифровий компаратор; 20 — цифровий компаратор; 21 — логічний елемент I; 22 — сенсор напруги; 23 — компаратор; 24 — логічний елемент NI

Робота пристрою пояснюється так. Вважатимемо, що на певному етапі експлуатації повітряний вимикач ввімкнений. З сенсора тиску 1 сигнал, що відповідає вимірюваному тиску, надходить в аналого-цифровий перетворювач 2, в якому здійснюється його перетворення в цифровий код з подальшим записом в регістр 5. Через деякий час фіксується нове значення тиску стисненого повітря та відповідний цифровий код записується в регістр 6. Якщо цифровий код в регістрі 6 перевищує цифровий код в регістрі 5, то це фіксується цифровим компаратором 7 та виводиться у вигляді сигналу q_1 . Якщо співвідношення цифрових кодів в регістрах 5 та 6 протилежне, то в цифровому суматорі 8 знаходиться їх різниця і в залежності від її величини цифровими компараторами 10 або 12 визначається розмір цієї різниці з подальшим формуванням сигналів q_2 або q_3 .

В момент комутації повітряного вимикача сигналом з сенсора комутації 13 в регістрі 14 фіксується значення тиску стисненого повітря, яке передувало комутації у разі нормальної роботи.

Після завершення комутації тиск в резервуарі підвищується і, якщо поточне вимірюване значення (регістр 6) більше за попереднє (регістр 14), в цифровому суматорі 15 визначається їхня різниця та в залежності від її величини на виході цифрового компаратора 17 формується висновок q_4 про надмірне підвищення тиску після підкачування. Аналогічно цифровим компаратором 20 формується сигнал q_5 , який свідчить про занижене значення тиску після підкачування. Додатковою умовою уточнення роботоздатності системи є перевірка сигналу напруги живлення електродвигуна компресора (сенсор напруги 22), яким здійснюється підкачування повітря. У разі глибокої розгерметизації вузлів зберігання стисненого повітря на виході цифрового компаратора 19 формується відповідний сигнал q_6 .

Злагоджена робота окремих блоків пристрою синхронізується за допомогою генератора імпульсів 3 та розподільвача тактів 4.

Висновки

1. Розроблена математична модель для оцінки роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача.
2. Дістала подальшого розвитку методика синтезу цифрових структурних схем з використанням математичного апарату секвенцій.
3. Синтезована структура пристрою для оцінювання роботоздатності системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача, яка дозволяє виявляти основні види погіршення функціонування системи підготовки стисненого повітря повітряного вимикача.
4. Поєднання синтезованої структури з системою оцінювання комутаційного ресурсу повітряного вимикача дозволяє підвищити надійність його роботи та поліпшити культуру експлуатації електроенергетичного обладнання в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ю. А. Романченко, «Порівняльний аналіз високовольтних вимикачів різних типів,» *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, № 2 (272), с. 116-119, 2022.
- [2] Б. В. Клименко, Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс, навч. посіб., Харків, Україна:Точка, 2012, 340 с.
- [3] В. О. Бржезицький, В. Ц. Зелінський, П. Д. Лежнюк, і О. Є. Рубаненко, *Електричні апарати*, підруч., Херсон, Україна: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016, 602 с.
- [4] П. Й. Тарасевич, «Перспективи розвитку засобів виявлення високовольтних вимикачів напругою 110–750 кВ, що відмовили,» *Електроенергетичні та електромеханічні системи*, вип. 637, с. 91-96, 2009.
- [5] John E. Hopcroft, Rajeev Motwani, and Jeffrey D. Ullman, *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*, Pearson [Paperback], 2013, 550 p.
- [6] М. П. Розводюк, і В. С. Бомбик, «Синтез структури пристрою для визначення залишкового ресурсу асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 52-60, 2019.
- [7] В. М. Рябенський, В. Я. Жуйков, і В. Д. Гулий, *Цифрова схемотехніка*, навч. посіб., Львів, Україна: Новий Світ-2000, 2011, 736 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 17.03.2025

Грабко Володимир Віталійович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, e-mail: vgrabko@gmail.com ;

Грабко Валентин Володимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів;

Николаєнко Віталій Вікторович — аспірант кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. V. Grabko¹
V. V. Grabko¹
V. V. Nykolayenko¹

Assessment of the Performance of the Compressed Air Preparation System of the High-Voltage Air Circuit Breaker

¹Vinnitsia national technical university

Air high-voltage circuit breakers, along with vacuum and SF6 circuit breakers, are widely used in electrical networks for switching operating and emergency currents. In air high-voltage circuit breakers, the extinguishing of the electric arc that occurs during the switching of operating or emergency currents by the circuit breaker is carried out under the influence of compressed air. Therefore, it is obvious that the operability of such switches significantly depends on the state of readiness of the compressed air preparation system, which imposes increased requirements on the technical means of compressed air preparation. The paper analyzes possible deviations from the normal operation of individual elements of the compressed air preparation system and develops a mathematical model based on it. A graph of the functioning of the compressed air preparation system has been formed, which takes into account all main possible situations in its operation. Using the mathematical apparatus of sequences according to expressions describing the graph of the functioning of the compressed air preparation system, a minimized description of its functioning has been obtained, according to which the structure of the corresponding device has been synthesized using an industrial element base. The use of the developed device allows to monitor the tightness of the compressed air preparation and accumulation tract, the correct operation of the pressure sensor and pressure measurement channel, the operation of the compressor and drive electric motor, which makes it possible to assess the system's performance and timely inform personnel about possible malfunctions. The device receives signals from the output of the compressed air pressure sensor, which measures the pressure value in the compressed air preparation path, and the voltage sensor located in the electric motor power supply circuits. The information coming from the sensors is processed based on the results of measurements in the state of readiness for switching, after the completion of switching and in the state of readiness after the completion of switching, on the basis of which a conclusion is formed regarding deviations in the operation of the compressed air preparation system.

Keywords: air high-voltage circuit breaker, compressed air preparation system, operability, control, mathematical model, device.

Grabko Volodymyr V. — Dr Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, e-mail: vgrabko@gmail.com ;

Grabko Valentyn V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Computerized Electromechanical Systems and Complexes;

Nykolayenko Vitaliy V. — Post-Graduate Student of the Chair of Computerized Electromechanical Systems and Complexes