

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом
поїздів**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ

**до практичних занять, дипломного проектування,
розрахунково-графічної роботи і контрольної роботи
з дисципліни**

«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»

Харків – 2020

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 17 лютого 2020 р., протокол № 6.

Рекомендовано для студентів усіх форм навчання зі спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 273 «Залізничний транспорт» на тему «Розрахунок пристроїв живлення сигнальної установки АБ».

Укладачі:

проф. А. Б. Бойнік,
доц. А. А. Прилипко

Рецензент

доц. О. О. Сосунов

ЗМІСТ

1 Програма виконання практичного завдання щодо улаштування живлення сигнальної установки АБ.....	4
2 Короткі теоретичні відомості.....	4
2.1 Живлення сигнальної точки.....	9
3 Оформлення контрольної та розрахунково-графічної робіт ...	12
4 Загальні пояснення до контрольної та розрахунково-графічної робіт.....	13
5 Порядок та методика виконання контрольної та розрахунково-графічної робіт.....	14
5.1 Вибір схем електропостачання і пристроїв живлення сигнальної установки.....	14
5.2 Розрахунок навантажень пристроїв.....	16
5.3 Розрахунок навантажень рейкових кіл.....	17
5.4 Розрахунок навантажень сигнальної установки.....	20
5.5 Розрахунок кількості жил кабелю живлення.....	20
5.6 Вибір типу силового лінійного трансформатора та визначення навантаження на високовольтну лінію.....	21
6 Деякі особливості електроживлення мікропроцесорних АБ... Список літератури.....	23 25
Додаток А.....	27
Додаток Б.....	29

1 Програма виконання практичного завдання щодо улаштування живлення сигнальної установки АБ

На практичному занятті розглядаються питання, що пов'язані з виконанням контрольної роботи, а саме:

- вибір системи живлення;
- методика розрахунку навантажень пристроїв автоблокування;
- методика розрахунку потужності рейкових кіл;
- методика розрахунку навантажень для сигнальної установки;
- методика розрахунку кількості жил кабелю живлення між сигнальною установкою та силовим трансформатором високовольтної лінії;
- вибір типу силового трансформатора високовольтної лінії;
- методика визначення навантаження на високовольтну лінію.

2 Короткі теоретичні відомості

Основне живлення пристроїв СЦБ здійснюється від спеціальних повітряних ліній автоблокування 6-10 кВ (ВЛ СЦБ), що споруджуються вздовж залізничних колій, резервне живлення на ділянках, електрифікованих за системою постійного струму і неелектрифікованих ділянках – як правило, від трифазних ліній поздовжнього електропостачання (ВЛ ПЕ) 6,10 кВ, а на електрифікованих ділянках за системою змінного струму – від ліній «два дроти – рейка» (ДПР) 27,5 кВ [1]. В окремих випадках проводиться резервування від пунктів живлення СЦБ з дизель-генераторним агрегатом (ДГА). Допускається також застосовувати резервне живлення від ліній 6,10,35 кВ промислового призначення. ВЛ СЦБ призначені тільки для живлення сигнальних точок на перегонах та постів ЕЦ на малих станціях. ВЛ ПЕ та ДПР, крім резервування СЦБ, забезпечують живленням залізничні службові і житлові будівлі, освітлення території залізничних станцій, електроінструмент для колійних робіт та інші навантаження. Всі ці лінії забезпечуються двостороннім живленням від суміжних підстанцій. ВЛ СЦБ обладнуються пристроями автоматичного ввімкнення резерву

(АВР) з протилежного кінця. Для підвищення надійності електроживлення, спрощення пошуку пошкодженої ділянки і забезпечення можливості проведення ремонтних робіт без відключення електропостачання сигнальних точок всі живильні лінії забезпечуються роз'єднувачами з приводами дистанційного або телекерування, встановленими в горловинах станцій [2].

Для живлення пристроїв СЦБ в зоні між підстанціями застосовують, як правило, дві схеми живлення: консольну і зустрічно-консольну. При схемі консольного живлення напруга в лінії автоблокування подається від однієї тягової підстанції. У разі зникнення напруги на шинах цієї підстанції або на ВЛ СЦБ живлення автоматично відновлюється подачею напруги з протилежного кінця лінії. З метою підвищення надійності при пошкодженнях на підстанції чи на лініях консольну схему живлення необхідно виконувати так, щоб лінії основного і резервного живлення пристроїв СЦБ на кожній фідерній зоні нормально отримували живлення від різних підстанцій. Тому на кожній підстанції вмикають тільки один фідер ВЛ СЦБ для живлення фідерних зон в одному напрямку і один фідер ВЛ ПЕ – 6 (10) кВ для живлення фідерних зон в іншому напрямку. Схема консольного живлення пристроїв СЦБ є основною для ділянок постійного струму, де протяжність зони між підстанціями не перевищує 15-25 км [1].

На ділянках, електрифікованих на змінному струмі, де відстань між підстанціями збільшується до 40-50 км, застосовується схема зустрічно-консольного живлення. Застосування викликано великою втратою напруги в ЛЕП 6 кВ зі сталевими приводами. При цій схемі в середині зони між підстанціями робиться розділення живлення на посту секціонування і напруга на кожен ділянку ВЛ СЦБ подається від своєї підстанції. Порівняно з консольною ця схема більш досконала, так як протяжність ділянок, що живляться, зменшується вдвічі. При цьому покращується режим напруги в лінії, а при пошкодженнях відключається тільки половина зони між підстанціями. На місці розділення лінії на посту секціонування встановлюється вимикач, обладнаний пристроєм АВР. При необхідності вся зона між підстанціями переводиться на консольне живлення, однак рівень напруги в кінці фідерної

зони при цьому може бути занижений. Можливо застосування схеми паралельного живлення ВЛ СЦБ від двох суміжних підстанцій. В цьому випадку втрати напруги і електроенергії в лінії мінімальні. Але практично виникають труднощі з фазами [3] на деяких зонах з різними типами тягових підстанцій і різними групами з'єднання трансформаторів СЦБ. У тих випадках, коли напруга в лінії має відповідні фази, можлива поява в лінії зрівняльного струму або струму підживлення короткого замикання на шинах суміжних підстанцій. Все це призводить до додаткових втрат електроенергії, збільшення струму, а також надмірного спрацювання релейних захистів з відключенням лінії. Тому схема двостороннього живлення не набула широкого розповсюдження [1]. В ЛЕП з дротами з кольорового металу, на відміну від сталевих дротів [4], не спостерігається великих втрат напруги і вони живляться за консольною схемою. Високовольтні лінії основного і резервного живлення пристроїв СЦБ розраховуються на втрати напруги при односторонньому живленні від одного до іншого суміжного з ним пункту електропостачання. При цьому втрати напруги в кінці лінії не повинні перевищувати 10 % при номінальній напрузі на шинах джерела живлення. Номінальною напругою вважається 6 - 10 і 25 кВ, на шинах генератора – 6,6 - 11 і 27,5 кВ.

Навантаження ВЛ СЦБ визначається сумарною потужністю пристроїв автоблокування і ЕЦ, підключених до лінії. Розрахункові навантаження на ВЛ для одноколіїних і двоколіїних ділянок при різних типах і довжинах рейкових кіл наведені в [1].

Для приблизних розрахунків при кодових РЦ можна користуватися середніми навантаженнями автоблокування з урахуванням навантаження проміжних станцій на 1 км лінії [5]:

на ВЛ 6 кВ для двоколіїних ділянок – 0.7 кВт/км ($\cos = 0.7$),
а для одноколіїних ділянок – 0.5 кВт/км ($\cos = 0.6$);

для ліній 10 кВ відповідно – 0.9 кВт/км ($\cos = 0.55$) і
0.6 кВт/км ($\cos = 0.45$).

На ділянках з ТРЦ навантаження на ВЛ СЦБ майже на порядок нижче.

Як бачимо, для ВЛ СЦБ характерна мала щільність навантаження і тому за умовами механічної міцності

застосовуються, як правило, сталеві, одно- і багатожильні сталевалюмінієві та біметалічні (сталемідні і сталевалюмінієві) дроти. Хоча як ЛЕП для споживачів першої категорії вона повинна бути виконана багатодротовою з кольорового металу. Для сталевих дротів характерна нелінійна залежність опору змінному струму частотою 50 Гц від величини протікаючого по них струму. У біметалічних дротах, де кольоровий метал розташовується на зовнішній його частині і володіє більш високою провідністю у порівнянні зі сталлю, зміна опору сталі від величини струму мало впливає на загальний опір дроту. У зв'язку з цим в практичних розрахунках ліній активний і індуктивний опір біметалічних дротів приймають постійними. Наприклад, модуль повного опору сталевого дроту ПСО-5 при різних струмах складає: 1А - 8.3 Ом/км; 3А - 10.5 Ом/км; 5А - 14.0 Ом/км; 10А - 16.5 Ом/км; 20А - 15.7 Ом/км. Багатожильний сталевалюмінієвий дріт АС-35 при розрахунковому діаметрі 7.5 мм має модуль повного опору близько 1 Ом/км. Крім того сталеві дроти в експлуатації піддаються корозії, чому їх перетин зменшується і опір електричному струму зростає, особливо в місцях з'єднань. Тому при перевищенні допустимих втрат напруги в лінії необхідно вирішити питання про заміну дротів. При необхідності, на віддалених точках втрату напруги можна компенсувати зміною коефіцієнта трансформації лінійного трансформатора ОМ [6]. Однак треба враховувати, що при подачі напруги по АВР від суміжної підстанції напруга на цих точках може виявитися надмірно завищеною.

Рівномірність завантаження фаз трифазної лінії однофазними навантаженнями на перегонах досягається періодичною транспозицією дротів, так як трансформатори ОМ підключаються тільки до двох нижніх дротів ВЛ. Транспозиція повинна бути виконана через кожні три кілометри і дозволяє вирівняти емнісну провідність фаз відносно землі. Слід рівномірно розподіляти за фазами і навантаження постів ЕЦ. Нерівномірність завантаження фаз ВЛ не повинна перевищувати 10 %, але в умовах експлуатації з різних причин ця вимога не завжди виконується. Особливістю постів ЕЦ є несиметрія навантажень через наявність перетворювачів частоти ПЧ 50/25,

які включено всі на одну фазу. Від них отримують живлення всі РЦ станції.

Лінії електропостачання пристроїв СЦБ схильні до пошкоджень і коротких замикань. Досвід експлуатації показав, що короткі замикання на ВЛ СЦБ виникають через грозові розряди, що викликають перебиття ізоляторів, замикання дротів різних фаз птахами, з'єднання дротів, попадання на дроти гілок з дерев при сильному вітрі та ін. Велика частина таких замикань має короткочасний характер, так як причини, що викликали їх, самоусуваються, а виникла в місці замикання дуга гасне при відключенні вимикача від дії релейного захисту. Найбільша кількість пошкоджень на ВЛ СЦБ припадає на однофазні замикання на землю (близько 50 %) і двофазні (близько 30 %) при короткому замиканні. Останні можуть виникати при безпосередньому замиканні двох фаз або через перехідний опір при двох замиканнях різних фаз на землю в різних точках ВЛ СЦБ. Фідери, які живлять ВЛ СЦБ, обладнані захистами по максимальному струму лінії і мінімальній напрузі на шинах живлення, що діють на відключення вимикача. Захисти при однофазних замиканнях на землю діють на сигнал, або, якщо об'єднані високовольтні і низьковольтні заземлення на силових трансформаторах, – на відключення вимикача. Для обмеження струмів всіх видів коротких замикань на фідерах АБ застосовується гальванічна розв'язка у вигляді подвійної трансформації (6-0,4-0,4-6 кВ). Оскільки ВЛ СЦБ є лінією з ізолюваною нейтраллю гальванічно розв'язаної з шинами підстанції з підвищувальним трансформатором 0.23/6 (10) кВ, однофазне замикання будь-якого дроту на землю не змінює міжфазних напруг і не впливає на живлення пристроїв СЦБ. На ділянках, де в пристроях СЦБ застосовуються повітряні лінії зв'язку, прокладені по опорах ЛЕП АБ, однофазні замикання порушують симетрію електромагнітної системи і призводять до збоїв у СЦБ [7]. Струми замикання на землю зазвичай не перевищують одиниць ампер і обумовлені місткістю дротів. На напрузі 6 кВ струм однофазного замикання становить близько 20 мА на 1 км ЛЕП, а на напрузі 10 кВ - 26 мА.

Тому лінії СЦБ обладнані засобами контролю однофазних замикань на землю, призначеними для оперативного оповіщення

персоналу про пошкодження та вжиття заходів щодо його усунення. Допустимий час роботи такої ЛЕП в режимі однофазного замикання – до двох годин. Однак треба мати на увазі, що при однофазному замиканні може виникнути дуга, яка викликає перехідні процеси з появою гармонік високих частот, що створюють резонанс у деяких елементах кола і пробій ізоляції. ВЛ ПЕ, як правило, не мають ізолюючих трансформаторів і безпосередньо підключаються до шин підстанції. Отже, сумарна ємність дротів всіх ліній, підключених до шин джерела, порівняно велика і струм замикання на землю великий. Тому захист при замиканні на землю повинен діяти на відключення вимикача пошкодженої лінії ВЛ. Напряга на розімкнутому трикутнику трансформатора напруги фідера свідчить про появу нульової послідовності. Вона виникає при несиметрії на фідері з різних причин:

- від однофазного замикання;
- від наведеної напруги;
- від нерівномірного навантаження фаз на ЛЕП,
- наприклад при втраті контакту на роз'єднувачі.

Нульова послідовність трансформується через трансформатори зі схемою з'єднання обмоток Y/Y і замикається у трифазному трансформаторі за непарними групами з'єднання.

Лінії СЦБ оснащуються пристроями автоматики повторного ввімкнення (АПВ) та автоматики ввімкнення резервного (АВР) джерела. Відповідно до вимог повного циклу відключення вимикача при дії захисту, подальшого АПВ на основному пункті живлення або АВР на резервному він має відповідати 1.3 с. При часі дії максимального струмового захисту не більш 0.5 с і часі одноразового автоматичного повторного ввімкнення не більше 0.3-0.4 с з урахуванням власного часу вимкнення і ввімкнення контактора або вимикача ВЛ час запуску АВР з резерву пункту живлення ВЛ не повинен перевищувати 1.0-1.1 с.

2.1 Живлення сигнальної точки

Для живлення кожної сигнальної точки на опорах ліній основного і резервного живлення 6 (10) кВ установлюються знижувальні лінійні трансформатори типу ОМ-0.63 (1.25) або

ОМ-4 (10) для живлення пристроїв СЦБ на малих станціях. Підключення трансформаторів до лінії відбувається через об'єднані запобіжники – роз'єднувачі типу ПКН з номінальним струмом плавкої вставки 0.5-1.0 А. Для захисту від перевантаження ОМ-0,63 (1.25) такі плавкі вставки надмірно великі. Від грозових і комутаційних перенапруг на високій стороні трансформатори захищені розрядниками відповідного типу РВП-6 (10).

Силові кола напругою 220 В виконуються двома проводами (ПХ і ОХ) в металевій трубі, яка спускається в змонтований на рівні 1.3-1.5 м кабельний ящик (КЯ). Запобіжники ПКН при замиканні дротів не спрацьовують, тому ізоляція дротів повинна бути дуже надійна, в крайньому випадку на дроти рекомендується надягати хлорвінілову трубку. В кабельному ящику в дроті ОХ встановлюється автоматичний вимикач багаторазової дії типу АВМ-1 для захисту кабелю і пристроїв релейної шафи при перевантаженнях і коротких замиканнях. Однак практика показала, що після багаторазових спрацьовувань при великому струмі контакти АВМ заварюються і вигорєє обмотка ОМ. Для захисту від попадання високої напруги на сторону низької напруги на іншому дроті ПХ на корпусі ОМа встановлюється запобіжник ПП-2. КЯ може використовуватися також для переходу сигнальних дротів з лінії на кабелі зв'язку [7].

Вступили в дію нові «Методичні вказівки щодо захисту від перенапруги пристроїв автоблокування, електричної централізації» І-247-97. В КЯ замість розрядників РВНШ встановлюються нові типи низьковольтних розрядників типу РКН-600, з напругою пробою 500-800 В. Один з розрядників вмикається між проводом ПХ і низьковольтним заземленням, а інший – між високовольтним і низьковольтним заземленням для їх короткотривалого динамічного об'єднання в момент спрацьовування при грозі і відведення частини струму розряду від кіл в РЩ.

Лінійні трансформатори основного і резервного живлення повинні встановлюватися, як правило, на окремих опорах, а кабелі, що подають напругу 220 В у релейні шафи сигнальної точки, повинні укладатися в роздільні траншеї.

Кожна силова опора з трансформатором ОМ має два заземлюючих пристрої: в мережі високої 6 (10) кВ і низької 0,22 кВ напруги. У колах високої напруги заземлюють корпус силового трансформатора, розрядники і приводи роз'єднувачів; в колах низької напруги – кабельні ящики, пробивні запобіжники, АВМ і низьковольтні розрядники РКН-600. З'єднувальні дроти (спуски) від засобів захисту і корпусів електрообладнання до заземлюючого пристрою в мережі високої напруги виконуються скрученими в джгут з трьох сталевих оцинкованих дротів діаметром 5 мм, а в мережі низької напруги – з двох. Опір високовольтного заземлення сигнальної точки – до 10 Ом, низьковольтного - 30 Ом. Електричне об'єднання заземлень в ЛЕП, де земляний захист діє на сигнал, не допускається.

У релейній шафі сигнальної точки кабелі основного і резервного живлення підключаються до схеми через запобіжники штепсельного типу на 20 А, який повинен використовуватися як вимикач для створення видимого розриву кіл 220 В під час ремонтно-профілактичних робіт. Далі дроти основного джерела живлення підключені до обмотки аварійного реле контролю напруги А та до його нормально розімкнутого (фронтного) контакту. Дроти, підключені до резервного джерела обмотки контрольного реле А1 і до нормально замкнутого (тилового) контакту аварійного реле А, від загального контакту реле живлення напруга надходить до навантаження релейної шафи.

При відключенні живлення сигнальної точки за основним фідером реле А знеструмлюється і переведе свої контакти, тим самим переведе живлення навантаження на резервний фідер. На ділянках, обладнаних системою контролю основного і резервного живлення сигнальних точок (система ЧДК), реле А іншим контактом сформує і передасть сигнал по дротах на станцію, що примикає до перегону, де на пульті чергового буде мигати сигнальна лампочка. При зникненні резервного живлення буде без струму реле А1 і у чергового по станції контрольна лампочка буде мигати з іншою частотою.

Аварійне реле типу АСШ 2/220 має в колі своєї обмотки випрямляч і кремнієвий стабілітрон, завдяки чому напругу спрацьовування реле відрегульовано на 190 В. Напруга відпускання реле повинна бути не нижче 133 В. В релейних

шафах останніх випусків як аварійне реле застосовується швидкодіюче напівпровідникове реле типу РНП. Реле відрегульовано на напругу спрацювання 198 В, напруга відпускання не вище 187 В. Реле дозволяє знизити поріг спрацювання до 185 В. Коефіцієнт повернення може регулюватися в межах 0.95-0.75. Через мале споживання аварійних реле по струму при аварійному режимі можуть створюватися ситуації, коли перемикання реле на резервний фідер може не відбутися. Таке може статися при неповнофазних режимах роботи ВЛ, при наведеній напрузі при обриві і замиканні одного з дротів на землю, перегоранні одного з високовольтних запобіжників, коли в піску залишається доріжка для проходження струму.

Для захисту кіл і апаратів від поздовжніх і поперечних комутаційних перенапруг в релейних шафах встановлюються низьковольтні розрядники типу РВНШ-250 і вирівнювачі типу ВОЦШ-220. За новими правилами для ОМ менше 4 кВА застосовуються розрядники РКН-600 і вирівнювачі ВОЦН-220, для більш потужних трансформаторів – розрядники – РКВН-250.

Завдання і дані, необхідні для виконання контрольної та розрахунково-графічної роботи, наведені у додатку А.

Пристрої АБ отримують електроживлення від двох трифазних високовольтних ліній.

Перегони обладнані пристроями кодового АБ і АЛС. При автономній і електричній тязі постійного струму частота струму рейкових кіл (РК) – 50 Гц, а при електротязі змінного струму – 25 Гц.

3 Оформлення контрольної та розрахунково-графічної робіт

Обсяг контрольної та розрахунково-графічної робіт не повинен перевищувати 10 сторінок формату 210 297 мм із текстом, написаним на одному боці з обов'язковою нумерацією, включаючи розрахункові формули та таблиці. Робота повинна бути оформлена відповідно до [8].

В роботі виконувати тільки те, що рекомендується у пунктах під назвою «*Завдання ...*». Наприкінці пояснювальної записки та кожного розділу слід подати короткий висновок за результатами виконаних розрахунків.

Пояснення, що наводяться в роботі, не слід супроводжувати переписуванням основних положень підручника або цих методичних рекомендацій.

Наприкінці роботи навести список використаних при виконанні роботи джерел літератури, посилаючись на них в тексті при використанні даних довідкового характеру. Якщо значення величин узяті з цих методичних вказівок, то на них у тексті слід посылатися як на літературне джерело.

Виправлення за зауваженнями слід наводити поруч із зауваженнями на чистому боці аркушів або на додатковій сторінці.

4 Загальні пояснення до контрольної та розрахунково-графічної робіт

В системах автоматики на перегоні споживачами електроенергії є: світлофорні лампи, рейкові кола, релейні схеми АБ та ін. Для визначення кількості і параметрів пристроїв живлення необхідно виконати розрахунок потужності всіх електроприймачів.

Розрахунки виконуються для всіх електроприймачів відповідно до завдання. Потужність для кожного електроприймача визначається з урахуванням середньодобового коефіцієнта навантаження (СДКН). Розрахунок потужності з урахуванням максимального значення СДКН виконується для визначення типу силового лінійного трансформатора і кількості жил кабелю живлення. Розрахунок потужності з урахуванням середнього значення СДКН потрібний для розрахунку навантаження на високовольтну лінію.

Для визначення повної потужності та коефіцієнта навантаження в контрольній роботі слід використовувати формули

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} ; \quad (1)$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} , \quad (2)$$

де P, Q, S – активна, реактивна і повна потужності відповідно.

5 Порядок та методика виконання контрольної та розрахунково-графічної робіт

5.1 Вибір схем електропостачання і пристроїв живлення сигнальної установки

Пояснення. Пристрої енергопостачання АБ відносяться до споживачів першої категорії та забезпечуються електроенергією від двох незалежних джерел, що допускають перерву електроживлення тільки на час автоматичного переключення з основного джерела живлення на резервне.

В схемі електропостачання пристроїв АБ з основним живленням від ВЛ СЦБ і резервним живленням від ВЛ ПЕ, змонтованих на самостійних опорах (додаток Б, рисунок Б.1), для посилення незалежності обидві лінії розташовані по різні боки залізничної колії. Однофазні масляні трансформатори типу ОМ, що живлять сигнальні точки, встановлюють на лінійних опорах, проєктованих з урахуванням монтажу трансформаторів.

Схема (додаток Б, рисунок Б.2) є типовою для електротяги постійного струму та припускає розміщення ВЛ ПЕ на опорах контактної мережі з польового боку.

Схема (додаток Б, рисунок Б.3) типова для електротяги змінного струму. Як резервна лінія використовується лінія ДПР (два дроти-рейка). Таке рішення обумовлене системою електротяги змінного струму, у якої при трифазній системі живлення одна фаза жорстко пов'язана з рейковою лінією, а дві фази по черзі підключаються до секцій контактної мережі. Напруга в контактній мережі при електротязі змінного струму 27,5 кВ.

Комплектні трансформаторні підстанції типу КТП служать для живлення сигнальних установок автоблокування від високовольтної лінії напругою більше 10 кВ.

На рисунку Б.4 (додаток Б) подано схему живлення одиночної сигнальної установки кодового АБ при використанні рейкових кіл 50 Гц і електротязі постійного струму. Кабелі для підключення сигнальної установки до силових трансформаторів ліній ВЛ СЦБ і ВЛ ПЕ, як при одиночній, так і при спареній

сигнальній установці, прокладаються в різних траншеях та при спареній сигнальній установці заводяться в різні релейні шафи.

В релейних шафах пристрої АБ, що живляться напругою постійного струму, отримують електричну енергію від двох випрямлячів. Пристрої схеми, не пов'язані з лінійними колами ув'язки, підключаються до випрямляча дешифратора АБ ДА або ДЯ (полюси П і М), який підключено до секції сигнального трансформатора СОБС-2А. Пристрої, пов'язані з лінійними колами ув'язки, підключаються до блоку БПШ (полюси ЛП і ЛМ).

Пристрої РК частотою 50 Гц живляться напругою змінного струму від колійного трансформатора ПОБС-2А.

В сигнальних установках АБ застосовується централізований контроль стану пристроїв АБ і фідерів електроживлення. Генератор ГКШ системи диспетчерського контролю підключений до секції сигнального трансформатора СОБС-2А.

В основний і резервний фідери електроживлення ввімкнено аварійні реле А і А1 типу АСШ 2-220 для контролю їхнього стану.

Пристрої обігріву в релейній шафі живляться від другого сигнального трансформатора СОБС-2А.

Схема електроживлення АБ при використанні рейкових кіл 25 Гц і електротязі змінного струму аналогічна схемі, що наведена на рисунку Б.4. Відмінність полягає в тому, що в кола живлення рейкових кіл частотою 25 Гц вмикаються статичні перетворювачі частоти типу ПЧ 50/25-100. В спарених сигнальних установках двоколісного АБ перетворювачі частоти, що живлять рейкові кола, необхідно вмикати протифазно, щоб зменшити струми підмагнічування і навантаження трансформаторів ОМ.

Схема електроживлення АБ при автономній тязі може проектуватися з рейковими колами 50 або 25 Гц. Схема електроживлення сигнальних установок буде аналогічна схемі, наведеній на рисунку Б.4. При рейкових колах 25 Гц їхнє живлення буде здійснюватися, як і при електричній тязі змінного струму, від перетворювачів частоти ПЧ 50/25-100.

Завдання. У даному пункті в залежності від тяги і частоти рейкових кіл вибрати, описати і накреслити схеми електропостачання пристроїв АБ на перегоні і в сигнальній установці.

5.2 Розрахунок навантажень пристроїв

Для визначення потужностей, що споживають пристрої АБ, необхідно виконати розрахунки в таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік споживачів одиночної сигнальної установки кодового АБ

Найменування приладу	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Дешифратор АБ	31,7	14,8	31,7	14,8
Генератор ГКШ	2,0			
Лампа світлофора	15,0			
Втрати в СОБС-2А	$\Delta P^C_{\text{собс}}$	$\Delta Q^C_{\text{собс}}$	$\Delta P^M_{\text{собс}}$	$\Delta Q^M_{\text{собс}}$
Блок БПШ	7,2			
Обігрів шафи	53,7			
Трансмітер КПТШ	22,0			
Освітлення шафи	-	-	90,0	-
Паяльник	-	-	90,0	-
Реле АСШ2-220	7		7	
Загальна потужність пристроїв АБ	$P^C_{\text{АБ=}}$	$Q^C_{\text{АБ=}}$	$P^M_{\text{АБ=}}$	$Q^M_{\text{АБ=}}$

Для визначення втрат в трансформаторі СОБС-2А, який живить дешифратор АБ, лампи світлофора і генератор диспетчерського контролю ГКШ, необхідно розрахувати повну потужність, що споживають дешифратор АБ, генератор ГКШ і лампа світлофора, як для середнього, так і для максимального СДКН, за формулою

$$S_{\text{СОБС}} = \sqrt{(P_{\text{ДА}} + P_{\text{ГКШ}} + P_{\text{СВ}})^2 + (Q_{\text{ДА}})^2}, \quad (3)$$

де $P_{\text{ДА}}$, $P_{\text{ГКШ}}$ і $P_{\text{СВ}}$ – активні потужності, що споживають відповідно дешифратором АБ, генератором ГКШ і лампою світлофора;

$Q_{\text{ДА}}$ – реактивна потужність, що споживається дешифратором АБ.

Втрати в трансформаторі СОБС-2А $\Delta P_{\text{СОБС}}$ і $\Delta Q_{\text{СОБС}}$ визначаються за значенням повної потужності $S_{\text{СОБС}}$ та графіком, що подано на рисунку 1.

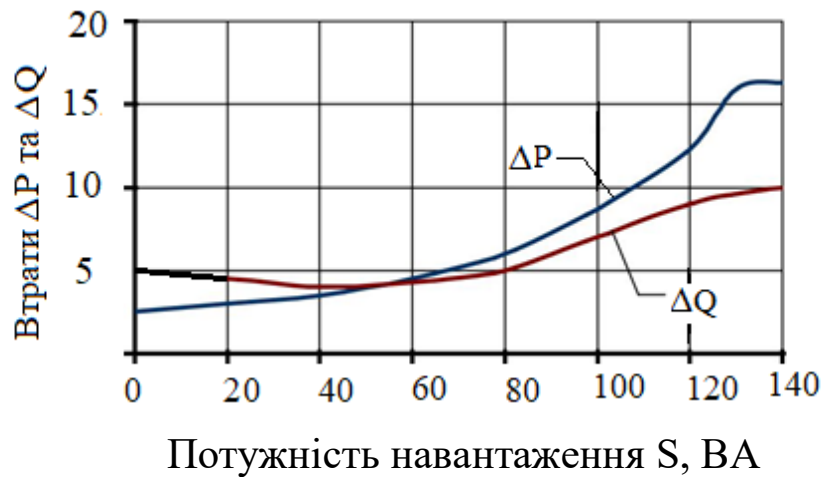


Рисунок 1 – Втрати ΔP та ΔQ в трансформаторі (тип СОБС)

Завдання. У даному пункті необхідно заповнити таблицю 1 та визначити активну і реактивну потужності, що споживають пристрої АБ, для середнього і максимального СДКН.

5.3 Розрахунок навантажень рейкових кіл

Для розрахунку потужності, що споживає РК частотою 50 Гц від мережі, необхідно визначити потужність РК і втрати в трансформаторі ПОБС-2А, який живить РК.

Для визначення втрат в трансформаторі ПОБС-2А необхідно розрахувати повну потужність $S_{\text{РК}}$, яку споживає РК, згідно із завданням, за формулою (1). Потужності РК вказано в таблиці А.2 додатка А.

Втрати в трансформаторі ПОБС-2А $\Delta P_{\text{ПОБС}}$ і $\Delta Q_{\text{ПОБС}}$ визначаються за значенням повної потужності $S_{\text{РК}}$ та графіком, що подано на рисунку 2.

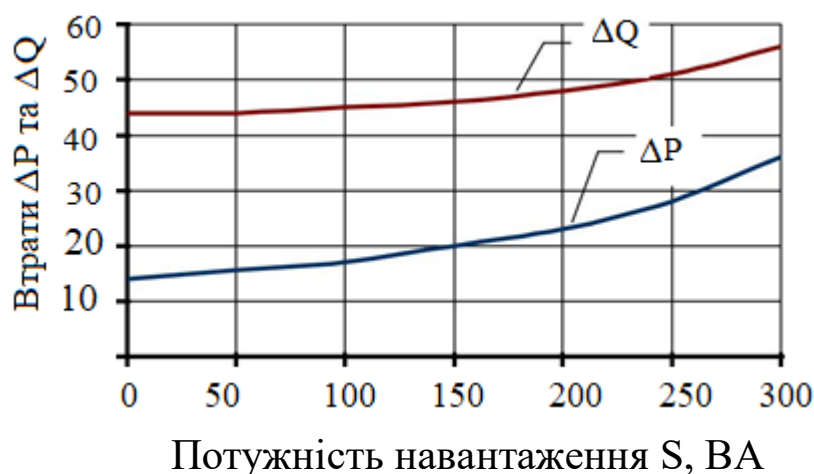


Рисунок 2 – Втрати в трансформаторі (тип ПОБС)

Потужність, що споживає РК частотою 50 Гц, і визначені втрати в трансформаторі ПОБС-2 А слід занести в таблицю 2 та виконати розрахунок загального навантаження РК на мережу частотою 50 Гц.

Таблиця 2 – Навантаження на мережу від РК 50 Гц

Найменування приладу	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	P, Вт	Q, Вар	P, Вт	Q, Вар
Рейкове коло РК 50 Гц	Р _{РК}	Q _{РК}	Р _{РК}	Q _{РК}
Втрати в ПОБС-2А	$\Delta P_{\text{ПОБС}}^C$	$\Delta Q_{\text{ПОБС}}^C$	$\Delta P_{\text{ПОБС}}^M$	$\Delta Q_{\text{ПОБС}}^M$
Потужність споживання	$P_{\text{РК}}^C$	$Q_{\text{РК}}^C$	$P_{\text{РК}}^M$	$Q_{\text{РК}}^M$

Для розрахунку потужності, що споживають РК частотою 25 Гц від мережі 50 Гц, необхідно визначити потужність, яку споживає ПЧ 50/25-100. Для цього слід розрахувати повну потужність $S_{\text{РК}}$, яку споживає РК, згідно із завданням, за формулою (1). Потужності РК вказано в таблиці А.2 додатка А. Потужності $P_{\text{ПЧ}}$ і $Q_{\text{ПЧ}}$, що споживає ПЧ 50/25-100 від мережі,

визначаються за значенням повної потужності S_{PK} та графіком, що подано на рисунку 3.

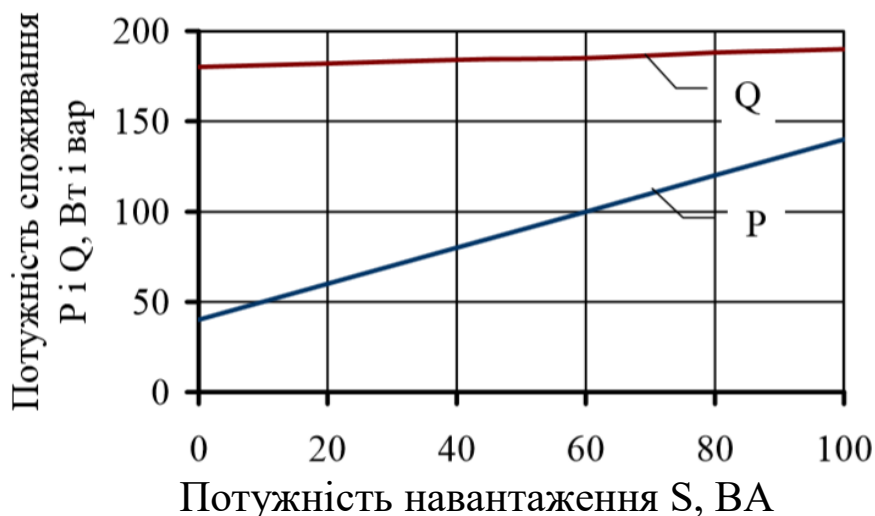


Рисунок 3 – Графік потужностей, що споживає від мережі 50 Гц одним перетворювачем ПЧ 50/25-100

Потужності, що споживає РК частотою 25 Гц та перетворювач ПЧ 50/25-100 від мережі 50 Гц, слід занести в таблицю 3.

Таблиця 3 – Навантаження на мережу від РК 25 Гц

Найменування приладу	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	P, Вт	Q, Вар	P, Вт	Q, Вар
Рейкове коло РК 25 Гц	P_{PK}	Q_{PK}	P_{PK}	Q_{PK}
Втрати в ПОБС-2А	$\Delta P_{Побс}^C$	$\Delta Q_{Побс}^C$	$\Delta P_{Побс}^M$	$\Delta Q_{Побс}^M$
Потужність споживання	$P_{PK=}^C$	$Q_{PK=}^C$	$P_{PK=}^M$	$Q_{PK=}^M$

Завдання. У даному пункті необхідно заповнити таблицю 2, якщо використовуються РК частотою 50 Гц, та визначити активну і реактивну потужності, що споживають РК АБ для середнього і максимального СДКН.

5.4 Розрахунок навантажень сигнальної установки

Для розрахунку потужностей, що споживає сигнальна установка, необхідно заповнити і виконати розрахунки в таблиці 4. Якщо за завданням спарена сигнальна установка для двоколіїної АБ, тоді значення потужностей з таблиці 1 і таблиць 2 або 3 (в залежності від частоти РК) необхідно подвоїти, а потім виконувати інші розрахунки.

Таблиця 4 – Навантаження сигнальної установки АБ

Найменування приладу	Середньодобовий коефіцієнт навантаження (СДКН)			
	середній		максимальний	
	Р, Вт	Q, Вар	Р, Вт	Q, Вар
Пристрої АБ	P_{AB}^C	Q_{AB}^C	P_{AB}^M	Q_{AB}^M
Рейкові кола	P_{PK}^C	Q_{PK}^C	P_{PK}^M	Q_{PK}^M
Загальна потужність сигнальної установки	$P_{cy=}^C$	$Q_{cy=}^C$	$P_{cy=}^M$	$Q_{cy=}^M$

За допомогою формул (1) і (2) розрахувати повні потужності і коефіцієнти навантаження: S_{cy}^C , S_{cy}^M , $\cos\phi_C$, $\cos\phi_M$.

Завдання. У даному пункті необхідно заповнити таблицю 4 та визначити активну і реактивну потужності, що споживає сигнальна установка АБ для середнього і максимального СДКН. Розрахувати повні потужності і коефіцієнти навантаження для сигнальної установки АБ.

5.5 Розрахунок кількості жил кабелю живлення

Для розрахунку кількості жил в прямому і зворотному проводах живлення визначається струм, використовуваний пристроями сигнальної установки, за формулою

$$I_{cy}^M = \frac{S_{cy1}^M}{U}, \quad (4)$$

де U – нормальна напруга вторинної обмотки трансформатора, ОМ, $U = 230$ В.

Припустимі спадання напруги в кабелі становлять 3 % від номінальної живильної напруги:

$$\Delta U = 0,03 \times U. \quad (5)$$

Щоб визначити необхідну кількість жил, слід використати формулу

$$n = \frac{2\rho I_{\text{СУ}_1}^M L \cos\varphi_M}{q\Delta U}, \quad (6)$$

де ρ – питомий опір міді, $\rho = 1,75 \times 10^{-2}$ Ом мм²/м;

L – довжина кабелю від КЯ до РШ, $L = 30$ м;

$\cos\varphi_M$ – коефіцієнт потужності сигнальної установки;

q – переріз стандартної жили кабелю діаметром 1 мм, $q = 0,785$ мм²;

ΔU – втрати напруги в кабелі.

Округливши до більшого цілого числа, можливо визначити кількість жил для прямого і зворотного дротів на кожний кабель живлення.

Завдання. У даному пункті необхідно виконати розрахунок кількості жил кабелю живлення згідно з описаною методикою.

5.6 Вибір типу силового лінійного трансформатора та визначення навантаження на високовольтну лінію

На підставі отриманого результату $S_{\text{СУ}_1}^M$ вибирається тип лінійного трансформатора ОМ. Якщо потужність менш 630 ВА, тоді використовують трансформатор типу ОМ-0,63. Якщо більше 600 ВА, тоді – ОМ-1,25.

Для розрахунку навантаження на високовольтну лінію необхідно визначити втрати в трансформаторі типу ОМ. Для цього відповідно до повної потужності та графіку, що подано на рисунку 4 чи 5, знаходяться $\Delta P_{\text{ОМ}}$ і $\Delta Q_{\text{ОМ}}$ для обраного типу трансформатора ОМ.

Навантаження на високовольтну лінію визначається за формулами

$$P_{\text{СУП}}^C = P_{\text{СУ}}^C + \Delta P_{\text{ОМ}}; \quad (7)$$

$$Q_{\text{СУП}}^C = Q_{\text{СУ}}^C + \Delta Q_{\text{ОМ}}; \quad (8)$$

$$S_{\text{СУП}}^C = \sqrt{(P_{\text{СУП}}^C)^2 + (Q_{\text{СУП}}^C)^2}. \quad (9)$$

Завдання. У даному пункті необхідно вибрати тип трансформатора ОМ і розрахувати навантаження на високовольтну лінію. За допомогою формули (2) розрахувати коефіцієнт навантаження на високовольтну лінію $\text{COS } \varphi_{\text{СУП}}$.

Висновок

За результатами розрахунків для сигнальної установки необхідно зробити загальний висновок, тобто вказати:

- максимальну потужність, що споживає сигнальна установка, і відповідний коефіцієнт навантаження;
- тип трансформатора ОМ;
- кількість жил кабелю живлення;
- навантаження на високовольтну лінію і відповідний коефіцієнт навантаження.

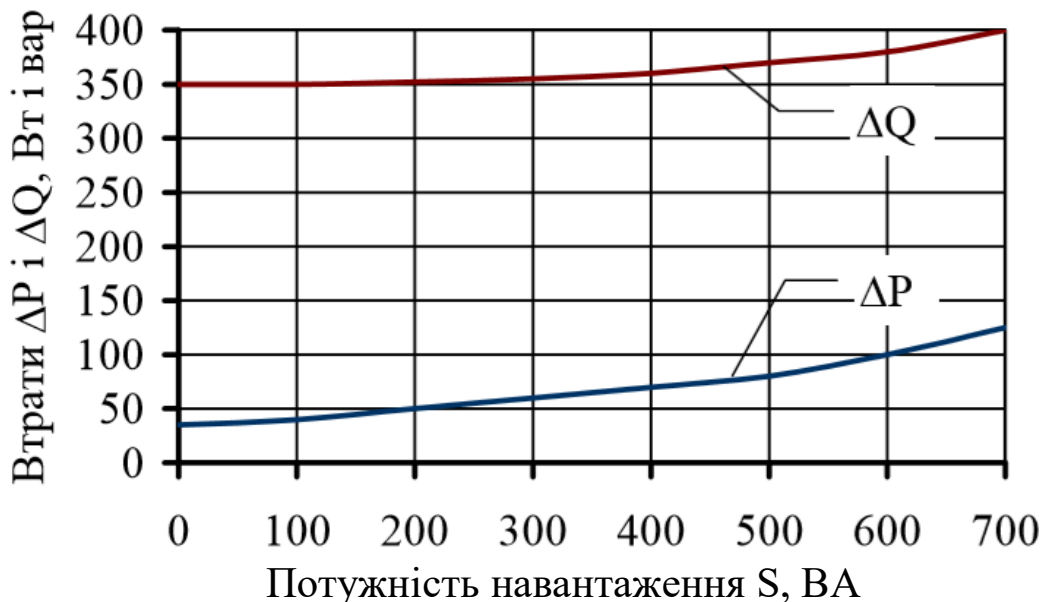


Рисунок 4 – Втрати в трансформаторі типу ОМ-0,63

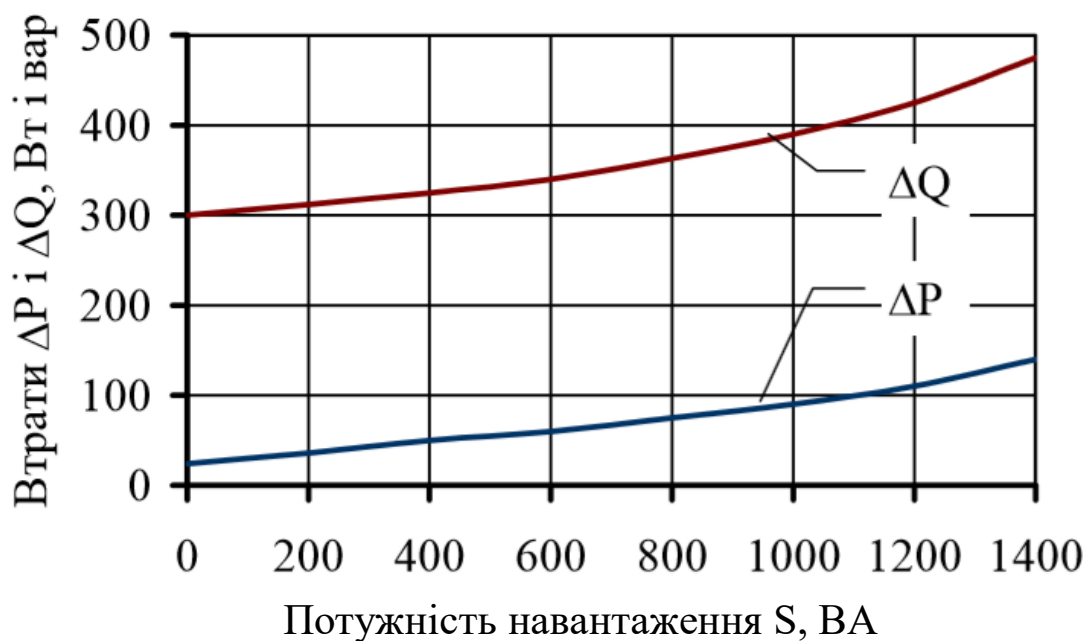


Рисунок 5 – Втрати в трансформаторі типу ОМ-1,25

6 Деякі особливості електроживлення мікропроцесорних АБ

Електропостачання мікропроцесорних АБ (МАБ) не повинне вимагати реконструкції існуючого енергопостачання на станціях та перегонах. Живлення пристроїв МАБ повинно здійснюватися від даних систем енергопостачання з використанням типових панелей та пристроїв живлення, дозволених до застосування на залізницях України. У разі використання нових панелей та пристроїв живлення технічні вимоги на них повинні бути викладені в окремому документі та затверджені встановленим порядком.

Первинне електроживлення МАБ повинне здійснюватися:

- від двох зовнішніх незалежних трифазних фідерів змінного струму з номінальною напругою 380 В частотою 50 Гц;
- від акумуляторної батареї номінальною напругою 24 В;
- від ДГА (при наявності) як резервна електростанція з номінальною напругою 380 В частотою 50 Гц;
- від пристроїв безперебійного живлення з номінальною напругою 230 В частотою 50 Гц (при наявності).

При живленні МАБ від трифазного фідера змінного струму, ДГА та пристроїв безперебійного живлення відхилення від

зазначених вище величин номінальної напруги допускається в бік зменшення не більше 10 %, а в бік збільшення – не більше 5 %, відхилення частоти змінного струму від мінус 1 до плюс 1 %. Перерва електроживлення допускається на термін до 1,3 с при переключенні з одного фідера змінного струму на інший.

У всіх випадках при виникненні вказаних вище відхилень МАБ повинна виконувати всі задані функції зі збереженням інформації, а також не повинна вимагати від обслуговуючого персоналу перевантаження або перезапуску технічних засобів МАБ, а також забезпечувати надійну роботу вторинних джерел живлення. Система живлення МАБ повинна забезпечувати електроживлення польових та постових пристроїв необхідними номіналами та характеристиками напруг і необхідної потужності. Система живлення МАБ повинна здійснювати контроль первинного, вторинного електроживлення та власних ТЗА.

МАБ повинна приймати від ЕЦ суміжної станції таку основну інформацію:

- встановлення маршруту відправлення на перегін;
- відправлення на перегін господарчого поїзда (вилучення ключа-жезла з апарату управління);
- увімкнення алгоритму зміни напрямку руху на колії перегону;
- сигнальне показання вхідного світлофора;
- режим живлення світлофорів;
- команди про зміну напрямку руху на колії перегону.

В МАБ має передбачатися кодування рейкових кіл кодами (сигналами) автоматичної локомотивної сигналізації.

Довжина імпульсів та інтервалів кодових посилок АЛСН мікропроцесорного генератора МАБ повинна відповідати нормативним значенням для трансмітерів типу КПТШ-515 (КПТШ-715), наведених у таблиці 5. Тривалість першого інтервалу між імпульсами кодового циклу З чи Ж в рейковому колі при рівні 0,5 амплітуди імпульсу повинна бути в межах від 130 до 160 мс. Вимірювання часових параметрів коду АЛС мікропроцесорного генератора повинні здійснювати пристрої діагностики. Пристрої комутації повинні мати можливість регулювання вказаних вище часових параметрів.

Таблиця 5 – Нормативні значення імпульсів та інтервалів кодових посилок

Тип трансмітера	Код	Довжина імпульсів та інтервалів кодової послілки, с					
		1 імпульс	1 інтервал	2 імпульс	2 інтервал	3 імпульс	3 інтервал
КПТШ-515	«З»	0,35	0,12	0,22	0,12	0,22	0,57
	«Ж»	0,38	0,12	0,38	0,72	-	-
	«КЖ»	0,23	0,57	-	-	-	-
КПТШ-715	«З»	0,35	0,12	0,24	0,12	0,24	0,79
	«Ж»	0,35	0,12	0,6	0,79	-	-
	«КЖ»	0,30	0,63	-	-	-	-

Так, в мікропроцесорній системі *Ebilock* блок живлення мікропроцесорних блоків призначений для забезпечення живлення постійною напругою 5,1 В всіх модулів ПЛК однієї об'єднувальної панелі. Тип модуля живлення вибирається з наявних у даній серії ПЛК модулів. Вибір типу модуля живлення визначається типом і рівнем живильної напруги (=24 В), а також максимальною величиною потужності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Коновалов Є. В., Козар Л. М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до викладення та оформлення: метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю у студ. навч. звітності. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 38 с.

2 Гаврилюк В. І., Сиченко В. Г., Сердюк Т. М. Електроживлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку: монографія. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. 196 с.

3 Правила улаштування електроустановок. Вид. 3-тє, переробл. і допов. Київ: Мінпаливенерго України, 2010. 736 с.

4 ДСТУ 3465-96. Системи електропостачальні загального призначення. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт, 1997. 18 с.

5 Правила технічної експлуатації залізниць України: затв. наказом № 258 від 25.07.2006 р.: зареєстр. в Мін-ві юстиції України 25.10.2006 р. № 1143/13017. Київ: Мінпаливенерго України, 2006.

6 ЦШ – 0042. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування: затв. наказом Міністерства транспорту № 347-ЦЗ від 26.04.2006 р. Київ, 2006.

7 Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦЕ-0033: затв. наказом Укрзалізниці 09.02.2012 р. № 048-Ц; на заміну ЦЕ-0002. Київ, 2012. 53 с.

8 ЦШ-0060. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування: затв. наказом Міністерство транспорту № 090-ЦЗ від 07.10.2009 р. Київ, 2009.

ДОДАТОК А

Програмоване завдання і дані для контрольної роботи 2

Варіант визначається за сумою останніх двох цифр шифру студентського квитка. Наприклад, шифр 20030023 – варіант 5.

Таблиця А.1 – Варіанти для контрольної роботи 2

Варіант	Тип рейкового кола	Довжина рейкових кіл, м	Тип сигнальної установки
0	РЦ50-01П	до 1000	одиначна
1	РЦ50-01П	1000-1500	одиначна
2	РЦ50-01П	1500-2000	одиначна
3	РЦ50-01П	2000-2600	одиначна
4	РЦ50-01П	1500-2000	спарена
5	РЦ50-01П	2000-2600	спарена
6	РЦ50-02П	до 1000	одиначна
7	РЦ50-02П	1000-1500	одиначна
8	РЦ50-02П	1500-2000	одиначна
9	РЦ50-02П	2000-2600	одиначна
10	РЦ50-02П	1500-2000	спарена
11	РЦ50-02П	2000-2600	спарена
12	РЦ50-02П	2000-2600	спарена
13	РЦ25-01П	до 1000	одиначна
14	РЦ25-01П	1000-1500	одиначна
15	РЦ25-01П	1500-2000	одиначна
16	РЦ25-01П	2000-2600	одиначна
17	РЦ25-01П	1500-2000	спарена
18	РЦ25-01П	2000-2600	спарена

Таблиця А.2 – Потужності для різних рейкових кіл

Тип рейкового кола	Довжина рейкових кіл, м	Потужність			
		середня		максимальна	
РЦ50-01П	до 1000	24	55	21	67
	1000-1500	40	69	36	115
	1500-2000	90	120	75	239
	2000-2600	140	148	135	459
РЦ50-02П	до 1000	18	57	21	67
	1000-1500	21	67	28	75
	1500-2000	36	71	50	87
	2000-2600	90	120	140	143
РЦ25-01П	до 1000	6,6	3,7	12,3	--
	1000-1500	13,5	7,6	27	--
	1500-2000	24,8	14,1	53	--
	2000-2500	47	26,6	100	--

ДОДАТОК Б

Схеми електропостачання АБ

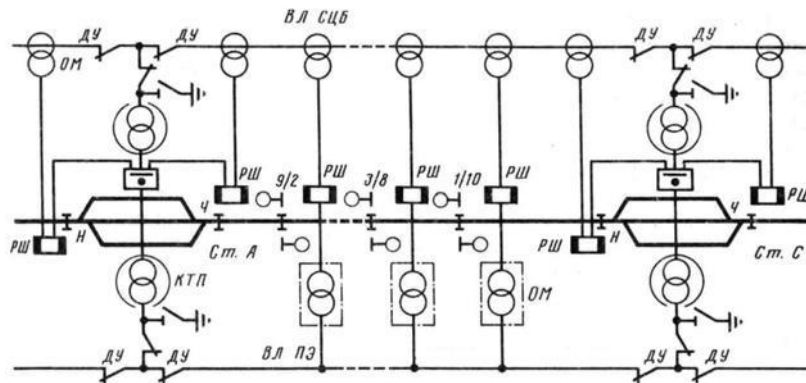


Рисунок Б.1 – Схема при автономній тязі

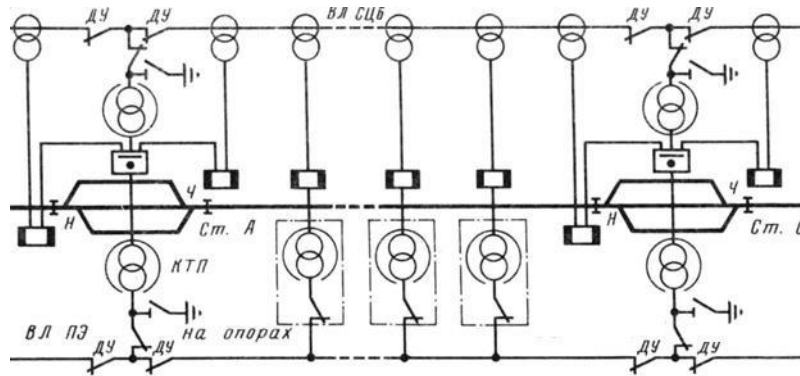


Рисунок Б.2 – Схема при електротязі постійного струму

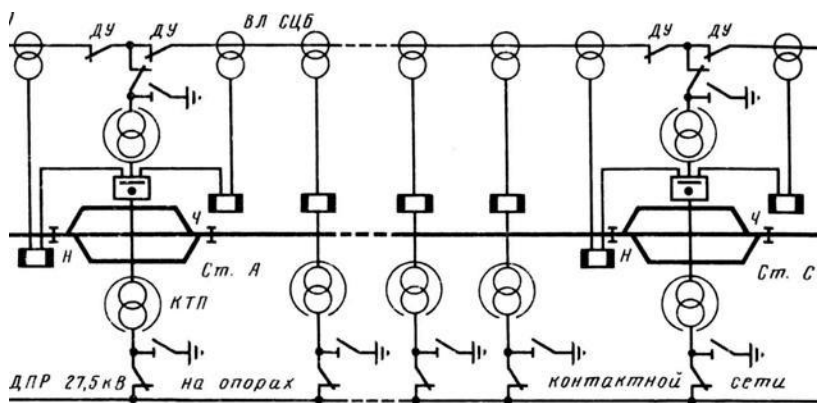


Рисунок Б.3 – Схема при електротязі змінного струму

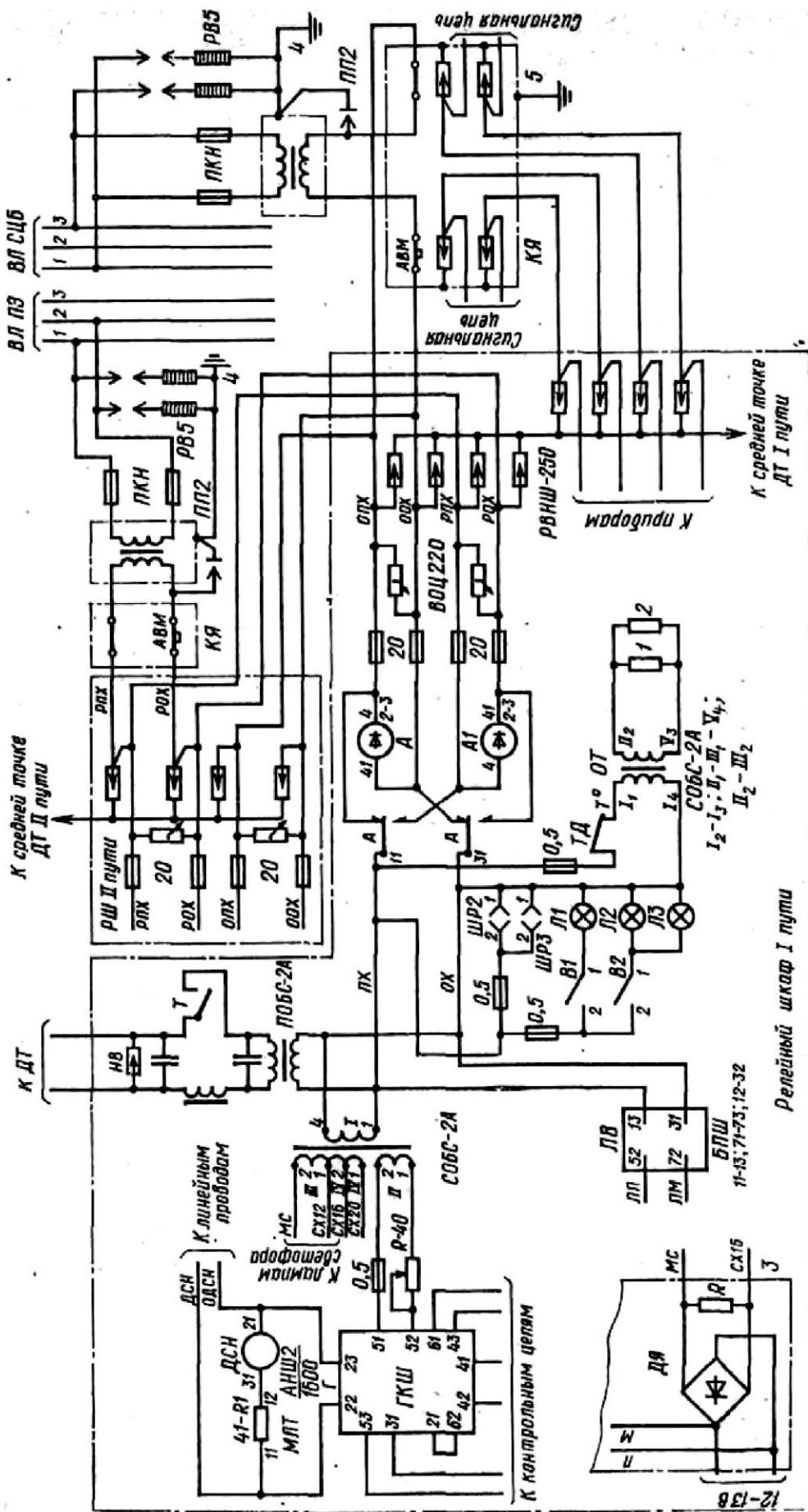


Рисунок Б.4 – Схема живлення сигнальної установки кодового АБ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ

до практичних занять, дипломного проектування,
розрахунково-графічної роботи і контрольної роботи
з дисципліни

«ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ»

Відповідальний за випуск Прилипко А. А.

Редактор Решетилова В. В.

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.