

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Факультет електроенерготехніки та автоматики  
Кафедра електричних мереж та систем

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

Теймураз КАЦАДЗЕ

“ 17 ” 06 2024р.

## ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Електричні системи і мережі»  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
на тему: «Інтеграція біогазової установки в розподільні електричні мережі»

Виконав:  
студент III курсу, групи ЕС-п11  
Макогон Дмитро Сергійович




Науковий керівник:  
старший викладач кафедри електричних мереж та систем  
Янковська Олена Максимівна



Рецензент:  
доцент кафедри відновлювальних джерел енергії, канд. техн.наук, доц.  
Бардик Євгеній Іванович



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2024 року



хема електропостачання  
хема однолінійна принципова ГРІЩ власних потреб  
ата видачі завдання 10 квітня 2024 року.

Календарний план

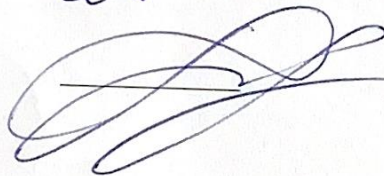
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз літератури згідно теми проекту	12.05.2024	Вик
2	Розрахунок КТП та КЛ 0,4 та 10 кВ	15.05.2024	Вик
3	Розрахунок струмів КЗ та вибір комутуючого обладнання	23.05.2024	Вик
4	Оформлення пояснювальної записки	1.06.2024	Вик
5	Оформлення технічних креслень	9.06.2024	Вик

Студент  
(підпис)



Дмитро МАКОГОН

Керівник проекту  
(підпис)



Олена ЯНКОВСЬКА

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Інтеграція біогазової установки в розподільні електричні  
мережі

Київ – 2024 року



## РЕФЕРАТ

Проект складається з трьох креслень та пояснювальної записки на 58 аркушах формату А4. До записки увійшло 16 таблиць, 10 рисунків та 4 джерела використаної літератури. Графічна частина проекту, складається з 3 креслень формату А3.

Завданням дипломного проекту є інтеграція біогазової установки в розподільні електричні мережі.

БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, БІОЕНЕРГІЯ, БІОГАЗ, НАПРУГА, СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ABSTRACT

The project consists of three drawings and an explanatory note of 58 pages in A4 format. The note includes 16 tables, 10 figures, and 4 sources of literature. The graphical part of the project comprises 3 drawings in A3 format.

The task of the diploma project is to integrate a biogas plant into the distribution electrical networks.

BIOGAS PLANT, BIOENERGY, BIOGAS, VOLTAGE, SHORT CIRCUIT CURRNETS.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Висновки по розділу 4.....	48
Загальні висновки.....	49
Список використаних джерел.....	51
Додаток А.....	52

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ВЕС – вітрова електростанція;  
СЕС – сонячна електростанція;  
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;  
БГУ – біогазова установка;  
ОЕС – об'єднана енергетична система;  
ПС – підстанція;  
АПК – агро-промисловий комплекс;  
БЕК – біоенергетичний комплекс;  
ГРЩ – головний розподільчий щит;  
КТП – комплектна трансформаторна підстанція;  
ЕГУ – електрогенераторна установка;  
ОЗЗ – однофазне замикання на землю;  
КЛ – кабельна лінія.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

На фоні стрімкого зростання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, головним чином вітрових (ВЕС) і сонячних (СЕС) електростанцій, збільшується потреба в їхньому балансуванні змінної потужності для стабільності роботи. В моменти частка ВДЕ перевищує загальний енергетичний баланс, сучасні електромережі не можуть ефективно справлятися з піками генерації та перетоками енергії, що вимагає зміни інфраструктури, модернізації та реконструкції.. Одним із можливих способів вирішення цих проблем є використання біогазових установок (БГУ) в якості резервної енергії для вітрових та сонячних електростанцій. Величину коефіцієнта використання енергії біоенергетичного комплексу можна порівняти з системами енергопостачання ТЕС та ТЕЦ, що сприятиме ухваленню рішення про їх використання як високоманеврової потужності в ОЕС України.

Мета роботи полягає в інтегруванні біоенергетичної електростанції, вихідною потужність 2570 кВт, до підстанції(ПС) 35/10 кВ.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **1 ІНТЕГРУВАННЯ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

## **1.1 Загальні відомості про біогаз та його виробництво в Україні**

Біогаз — це горючий газ, який утворюється в результаті анаеробного метанового зброджування біомаси. Основними компонентами біогазу є метан (55...75%), двоокис вуглецю (25...45%), а також домішки сірководню, аміаку, оксидів азоту та інших речовин (менше 1%). Цей розклад відбувається через хіміко-фізичні перетворення та співіснування трьох різних груп бактерій. Перша група займається гідролізом, друга - утворенням кислоти, а третя - виробництвом метану.

Для виробництва біогазу можуть використовуватися різні види сировини: органічні агропромислові та побутові відходи, а також рослинна сировина, така як силос кукурудзи, трав'яний силос, зерно і силос злакових культур. Найбільш придатними для виробництва біогазу відходами агропромислового комплексу (АПК) є:

- білковий відстій;
- ботвина овочевих культур;
- некондиційний урожай цукрових буряків, кукурудзи;
- жмаки і маляса;
- погній ВРХ, послід птиці;
- барда спиртова;
- дрібне зерно, зародок;
- відходи з виробництва крохмалю;
- м'язга від фруктів та овочів;
- сироватка і маслянка.

Одним з способів організовують біогазові проекти:

- виробництво біогазу з відходів одного підприємства, таких як перегній тваринницької ферми, жмаки цукрового заводу, де один вид відходу буде переважаючим;

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1.2 Біогазові установки

Основним пристроєм біоенергетичного комплексу (БЕК) для переробки органічних відходів є БГУ. Різноманітність технологічних схем для БГУ може виникати через різні фактори, такі як різноманітність субстратів, які обробляються, вимоги до якості кінцевих продуктів, унікальні інновації від постачальників технологій та інші впливові чинники. Одним з більш поширених на сьогоднішній день схем є з одноступеневим зброджуванням декількох видів субстратів, одним з яких, є гній. Типова схема такої БГУ показана на рис. 1.1.

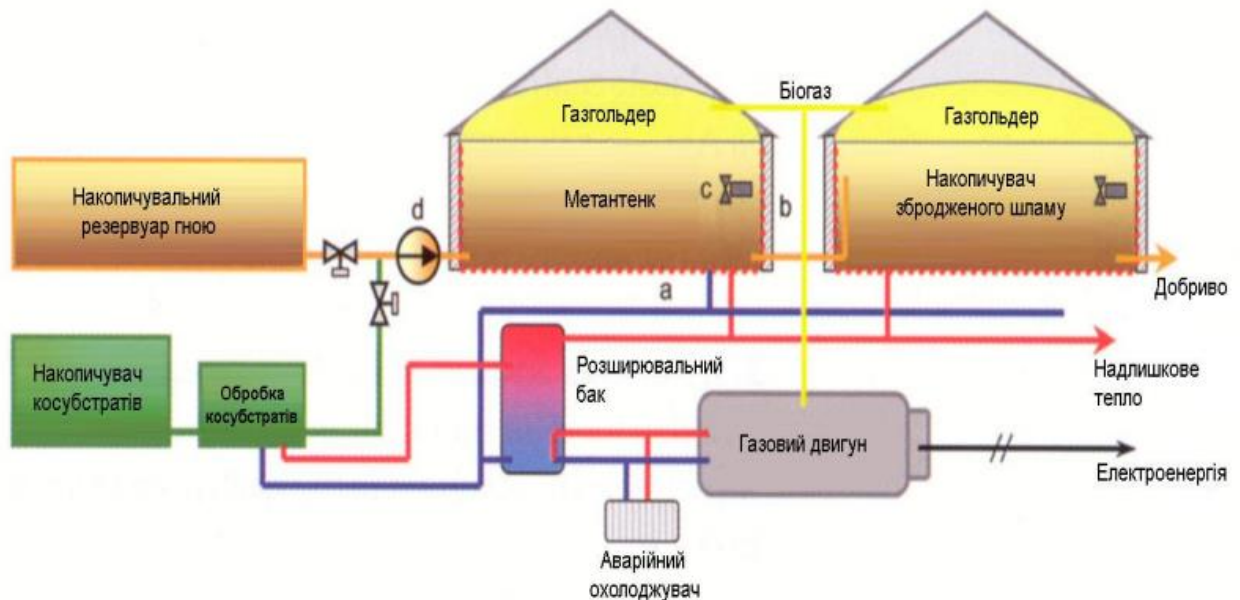


Рисунок 1.1 - Типова схема одноступеневої біогазової установки для сумісного зброджування гнойових відходів та додаткової сировини з міні-ТЕЦ на біогазі

З розвитком біогазових технологій з'являються складніші дво- та триступеневі системи, що виправдано необхідністю оптимальної переробки різних субстратів і підвищенням ефективності використання біореактора.

Виробництво електроенергії часто доповнюється когенераційною установкою, що функціонує на основі двигунів внутрішнього згорання і підключається до загальної або локальної електричної мережі. Для виробництва біометану біогаз слід очистити від домішок, таких як вуглекислий газ,

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП1105.141.005.ПЗ				





- де 1 – ферментатор;
- 2 – біомаса;
- 3 – завантажувально-розвантажувальний отвір;
- 4 – вихід біогазу;
- 5 – клапан;
- 6 – газопровід;
- 7 – блок ТЕЦ;
- 8 – лінія відпрацьованого газу ТЕЦ;
- 9 – вентилятор;
- 10 – лінія свіжого повітря;
- 11 – пульт керування;
- 12 – датчик метану;
- 13 – датчик концентрації вуглекислого газу;
- 14 – датчик для визначення об'ємної витрати біогазу.

Газова суміш після очищення від сірководню ( $H_2S$ ) направляється до газопоршневого двигуна, який приводить в рух генератор, що виробляє електричний струм для подачі в електричну мережу.

Рідкофазні технологічні процеси ширше застосовуються в практиці використання біогазових установок. Цей метод включає постійне додавання невеликих порцій вихідної сировини до метантенка - спеціального резервуару-змішувача без доступу повітря, де забезпечується необхідна вологість і температура.

Спеціальні мішалки використовуються для переміщення сировини з основною реагуючою біомасою, сприяючи однорідності ферментаційної суміші і частково уповільнюючи утворення поверхневої кірки. Біогаз, що утворюється в процесі ферментації, збирається під куполом, проходить систему очищення і потім подається до споживачів, таких як котел або когенераційна установка.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Проектована біоенергетична станція

Біоенергетична станція (БіоЕС) переробляє у біогазу таку сировину як, силос кукурудзи та сільськогосподарські відходах. Загальна видача потужності БГУ – 2570 кВт. На БіоЕС передбачається встановлення такого обладнання:

Двох генераторних установок ЕГУ-1(2) контейнерного типу які працюють на біогазі (CH<sub>4</sub> 60 Vol.%; CO<sub>2</sub> 40 Vol.%). В состав установки входить газовий двигун типу MTU 16V4000 GS (рис 1.5) та електричний генератор виробництва Nidex ACIM Germany GmbH типу LSA 52.3 L9/4p (рис 1.6). Максимальна потужність видачі генератора прийнята виходячи із енергетичної характеристики його привода. При номінальній потужності видачі із валу привода 1600 кВт, потужність, що видається у мережу генератором становить 1560 кВт (струм 2252 А cosφ =1). На генераторних установках ЕГУ – 1(2) у системі керування виставляється обмеження генеруємої потужності на рівні 82% від номінала, тобто 1280 кВт cosφ =1. приНижче приведенні паспортні дані газовий двигун типу MTU 16V4000GS (табл.1.2) та генератор Nidex LSA 52.3 L9/4p (табл. 1.3).



Рисунок 1.5 - Газовий двигун типу MTU 16V4000 GS

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



перетворюють низько і середньо температурне тепло в електрику. Установка ОРЦ є додатковою до основного генератора, для генерації електроенергії використовує тепло вироблене двигуном основної установки. Максимальна потужність видачі генератора становить 104 кВт (струм 150 А  $\cos\varphi = 1$ ).



Рисунок 1.7 - модуль ОРЦ Orcan efficiency PACK M 050.100 HP

Для живлення системи власних потреб біоенергетичного комплексу проектом передбачається спорудження ГРЩ власних потреб, що буде розміщуватися в РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ.

Живлення ГРЩ власних потреб виконується по другій категорії надійності електропостачання. Всі споживачі об'єкту розділені на наступні групи:

- технологічні споживачі біоенергетичного комплексу;
- побутовий блок;
- зовнішнє електроосвітлення.

Технологічні споживачі біоенергетичного комплексу занесені в таблицю 1.4.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Технологічні споживачі біоенергетичного комплексу

Група	Назва	Кількість	Розрахункова потужність, кВт	Коефіцієнт потужності, cosφ
Система подачі твердої сировини	Конвеєрний шнек	1	5	0,75
	Дозуючий шнек	2	11	0,74
	Гідравлічний насос рухомої підлоги	1	9,2	0,74
	Розпушувач рухомої підлоги	1	2,2	0,67
	Шнек рухомої підлоги	1	5	0,75
Ферментатор №1	Лопатева мішалка	3	66	0,78
	Пропеллерна мішалка	1	15	0,78
	Повітрорудувочий апарат	1	0,18	0,56
	Підсвітка оглядового вікна	1	0,005	0,85
Ферментатор №2	Лопатева мішалка	3	66	0,78
	Пропеллерна мішалка	1	15	0,78
	Повітрорудувочий апарат	1	0,18	0,56
	Підсвітка оглядового вікна	1	0,005	0,85
Доброджувач	Лопатева мішалка	2	44	0,78
	Пропеллерна мішалка	1	15	0,78
	Повітрорудувочий апарат	1	0,18	0,56
	Підсвітка оглядового вікна	1	0,005	0,85
Сепаратор	Сепаратор	1	5,5	0,81
	Насос дігестату	1	2,1	0,69
	Насос рідкої фракції	1	4	0,69
	ЩС сепаратора	1	3	0,85
Осушка біогазу	Чіллер системи осушки	1	28	0,8
Тепловий контейнер	Компресор	1	4	0,56
	Повіросушилка	1	0,25	0,82
	Повітрорудувка сіркоочищення	1	0,55	0,56
	Насос	3	9	0,8
	ЩС теплового контейнера	1	3	0,85
	ЩС контейнера управління	1	3	0,85
	Насос гарячої води генератора	2	6	0,75
	Насос конденсату	2	3	0,63
	Пальник аварійного скиду біогазу	1	11	0,95
Всього по ЩУ біоенергетичного комплексу			336,355	0,77

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки по розділу 1

У розділі 1 ознайомилися з поняттям біогаз та сировину з якої можна робити. Визначили основні види біогазових установок. Ознайомлення зі генераторами, ОРЦ, двигуном, технологічними споживачами біоенергетичного комплексу.

До основної сировини з якої можна робити біогаз є: дробина пивна, солодові паростки, білковий відстій, бадилля овочевих культур, некондиційний урожай злакових та овочевих культур, цукрових буряків, кукурудзи, жом і м'яса, гній свиней та ВРХ, послід птиці, барда спиртова, мучка, дробина, дрібне зерно, зародок, відходи крахмало-патокового виробництва, вичавки фруктові та овочеві, сироватка і маслянка.

Біогазові установки поділяються на два основних типи залежно від технології обробки і бродіння сировини: рідкофазні (з вологістю збродженої органічної маси понад 85%) і твердофазні (з вологістю органічної маси менше 85%).

На БіоЕС встановлено газовий двигун типу MTU 16V4000 GS та електричний генератор Nidec LSA 52.3 L9/4p. Встановлений модуль ОРЦ Orsan efficiency PASC M 050.100 HP.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



напруги змінного струму промислової частоти в напругу 10 кВ. Складається з трансформаторного відсіку, розподільчого пристрою 10кВ та 0,4 кВ.

Конструкція підстанцій передбачає їх встановлення безпосередньо на фундаменті без джерел ударних впливів, розташованих поблизу. Також передбачає одностороннє обслуговування РУНН та РУВН зсередини будівлі підстанції з коридорів обслуговування. Дах підстанцій являє собою єдину з корпусом двоскатну металоконструкцію для КТПБУ. Всі двері підстанції виготовляються з металу та мають захисне антикорозійне покриття. Крім того, усі двері підстанцій мають ущільнення. Над дверима передбачені козирки, що перешкоджають попаданню атмосферних опадів усередину підстанції. Всі двері підстанцій утримуються у відкритому положенні фіксаторами, мають замки ригельного типу та пристосовані для пломбування.

Потужність двох паралельно працюючих трансформаторів може бути обрана до 70% максимального комплексного навантаження. Розрахункова потужність трансформаторної підстанції дорівнює:

$$S_{T.роз} = S_n \cdot 0,7 = 2570 \cdot 0,7 = 1800 \text{ кВ}$$

Для ТП обираємо трансформатор ТМГ – 2000 кВА 10/0,4 кВ

На рисунку 2.2.1 зображений зовнішній вигляд трансформатора ТМГ – 2000 кВА 10/0,4 кВ

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.2.1 – Зовнішній вигляд трансформатора ТМГ – 2000 кВА 10/0,4

Таблиця 2.2 – Паспортні дані трансформатора ТМГ – 2000 кВА 10/0,4 кВ

Назва	Одиниці виміру	Значення
Номинальна потужність	кВА	2000
Напруга ВН	кВ	10,5
Напруга НН	кВ	0,4
Втрати неробочого ходу	кВт	1,75
Втрати короткого замикання	кВт	21
Струм неробочого ходу	%	0,5
Напруга короткого замикання	%	6
Регулювання напруги	%	5

Номинальні лінійні струми первинної  $I_{1н}$  та вторинної  $I_{2н}$  обмоток трансформатора незалежно від їх схем з'єднання визначаються через номінальну потужність трансформатора  $S_T$ :

$$I_{1н} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 110 \text{ А}$$

$$I_{2н} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НН}} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2886 \text{ А}$$

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		









Тому для КЛ 10 кВ приймаємо кабель з класом напруги 15 кВ.

В таблиці 2.4.1 приведені допустимі струмові навантаження кабелів марки АПвЭгаПу

Таблиця 2.4.1 – Допустиме струмове навантаження кабелів АПвЭгаПу

Марка кабелю	Допустиме струмове навантаження, А
АПвЭгаПу 1x95	221
АПвЭгаПу 1x120	252
АПвЭгаПу 1x150	281
АПвЭгаПу 1x185	317

Лінійноквадратичну потужність першого контуру розраховуємо за формулою:

$$S_{ЛК} = \sqrt{\frac{\sum_1^n S_s^2 \cdot l}{l_{\Sigma}}} = \sqrt{\frac{2000^2 \cdot 9000}{9000}} = 2000 \text{ кВА}$$

Робочий струм в нормальному режимі визначаємо за наступною формулою:

$$I_{ЛК} = \frac{S_{ЛК}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 115,47 \text{ А}$$

Переріз силової кабельної лінії 10 кВ обираємо за струмовими інтервалами, які наведені в таблиці 2.4.2.

Таблиця 2.4.2 – Струмові інтервали для кабелів 10 кВ

$F_{ек}, \text{мм}^2$	35	50	70	95	120	150	185	240
$I_{гран}, \text{А}$	0 - 34	34 - 51	51 - 79	79 - 128	128 - 165	165 - 213	213 - 258	258 - 310

За струмовими інтервалами обираємо переріз:  $F = 95 \text{ мм}^2$ .

Тривало допустимий струм за даними табл.2.4.1 -  $I_{доп95} = 221 \text{ А}$ .

Виконаємо перевірку обраного перерізу за умовами нагріву:

$$I_{ЛК} = 115,47 \text{ А} < I_{доп95} = 221 \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

					ДП1105.141.005.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

## 2.5 Вибір перерізів кабелів живлення для власних потреб біоелектростанції

Живлення кожної групи споживачів виконується кабельними лініями, прокладеними в землі, в кабельному каналі та по будівельних конструкціях.

Прокладка кабелів живлення від ГРЩ власних потреб біоенергетичного комплексу виконується в землі на глибині 0,7 м та в каналі із з/б лотків.

Вибір перерізу кабеля для власних потреб буде обиратися за струмом, а саме за формулою:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi},$$

де P – потужність розрахованого об'єкту, кВт

U – номінальна напруга об'єкту, кВ

cosφ - коефіцієнт потужності для даного об'єкту;

Перелік споживачів ГРЩ власних потреб занесено у таблицю 1.5

Табл. 1.5 – Перелік об'єктів власних потреб БіоЕС

Назва об'єкту	Кількість	Розрахункова потужність, кВт	Коефіцієнт потужності, cosφ	Довжина ділянки, м
Біоенергетичний комплекс	2*	336,35	0,77	134
Побутовий блок	1	10	0,85	86
Зовнішнє електроосвітлення території	1	2,88	0,95	10
Власні потреби генератора	2	2x74,1	0,9	48
Власні потреби ОРЦ	2	2x18	0,9	32

\*Лінія біоенергетичного комплексу виконується з двох паралельно прокладених кабелів, тому в розрахунку застосована половина навантаження;

Переріз кабелю біоенергетичного комплексу:

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_1 = \frac{P}{2} = \frac{336,35}{2} = 168,2 \text{ кВт}$$

$$I_{роз} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot \cos \varphi} = \frac{168,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,77} = 315,3 \text{ А}$$

Враховуючи отримане значення струму, прийmemo конструкцію проводу ВВГнг 5х185, для якої граничне економічне струмове навантаження дрівнює 376 А. Паспортні дані кабеля ВВГнг 5х185 наведені в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 - Паспортні дані кабеля ВВГнг 5х185

Параметр	Одиниці виміру	Значення
Діаметр	мм	53,3
Номинальна частота	Гц	50
Активний опір	Ом/км	0,1
Допустимий струм	А	376
Допустимий струм односекундного короткого замикання	кА	20,39

Для інших об'єктів розрахунок проводиться аналогічно. Вибір перерізу кабелів наведений у таблиці 1.7

Таблиця 1.7 – Вибір перерізу об'єктів власних потреб БіоЕС

Назва об'єкту	Розрахунковий струм, А	Допустимий струм, А	Тип і марка кабелю
Біоенергетичний комплекс	315,3	376	ВВГнг 5х185
Побутовий блок	16,9	54	ВВГнг 5х6
Зовнішнє електроосвітлення території	4,3	54	ВВГнг 5х6
Власні потреби генератора	118	214	ВВГнг 5х70
Власні потреби ОРЦ	28,8	54	ВВГнг 5х6

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки по розділу 2

В розділі 2 було обрано трансформатори для КТП, силові кабелі 0,4 кВ, силові кабелі 10 кВ, кабелі для власних потреб біоенергетичної електростанції.

Для КТП був обраний трансформатор масляний ТМГ – 2000 кВА 10/0,4 кВ.

Лінії 0,4 кВ ЕГУ – 1(2) обрано марку та переріз кабеля 4хВВГнг 1х400 мм<sup>2</sup>. Для ОРЦ – 1(2) обрано кабель 4хВВГнг 1х4 мм<sup>2</sup>.

Лінія 10 кВ обрано марку та переріз кабеля АПвЭгаПу 1х90, за методом екномічних інтервалів.

Кабелі для власних потреб були зведені в таблицю 1.7.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНОК КОМУТАТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1 Розрахунок струмів КЗ

Коротке замикання являє собою будь-яке незаплановане з'єднання між фазами, а в мережах із заземленою нейтраллю - також з'єднання однієї чи кількох фаз із землею або нульовим провідником.

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться для визначення відповідних струмоведучих частин і електричних апаратів, перевірки їх здатності витримувати термічні та електродинамічні навантаження, проектування, налаштування і перевірки релейного захисту на чутливість а також для вибору засобів обмеження струмів.

Для розрахунку струмів к.з. необхідно скласти розрахункову схему електричної мережі (рисунок 3.1).

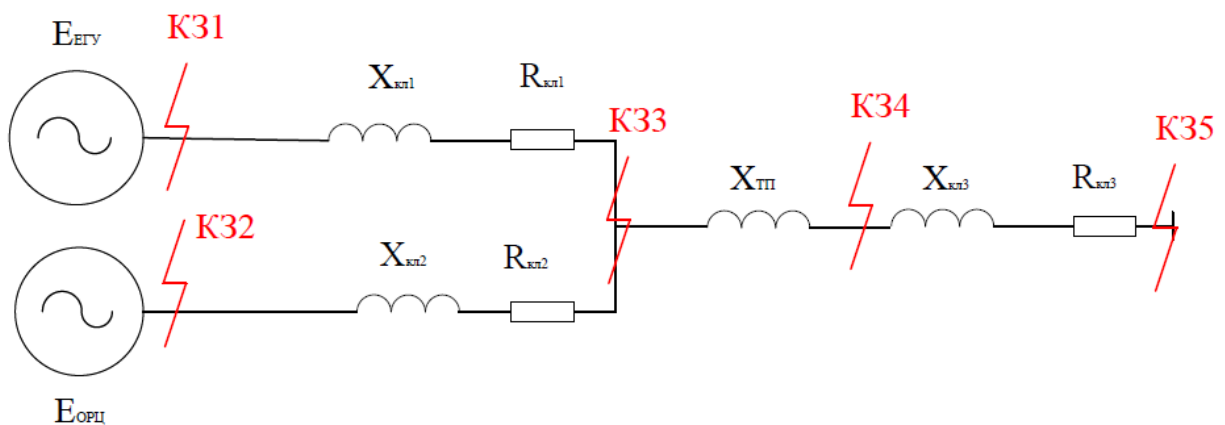


Рис. 3.1 – Схема заміщення

Для визначення струмів короткого замикання застосовуються два основні методи:

1. метод іменованих одиниць – параметри схеми виражають у стандартних одиницях вимірювання, таких як оми, ампери, вольти тощо;
2. метод відносних одиниць – параметри схеми виражаються у відсотках або частках від величини, що вважається базисною.

						ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			







### 3.2 Вибір та перевірка вимикачів на стороні до 1 кВ

Для захисту ліній живлення від ЕГУ -1(2) до шин 0,4 кВ беремо автомат NA1 – 2000XN. Це Повітряний автоматичний вимикач NA1 призначений для роботи в ланцюгах змінного струму з частотою 50/60 Гц, номінальною робочою напругою 400 В, 690 В та номінальним робочим струмом до 6300 А. В основному використовується для розподілу електричної енергії та захисту ланцюгів та електроустаткування від перевантаження по струму, зниженої напруги, короткого замикання та замикання фази на землю. Автоматичний вимикач обладнаний функціями інтелектуального захисту. З інтелектуальними та селективними функціями захисту вимикач дозволяє підвищити надійність харчування та запобігти непотрібним відмовам харчування.

Для вибору автомата він повинен задовольняти подальші умови.

За формулою вибирається номінальна напруга автомата:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.л},$$
$$660 \text{ В} \geq 400 \text{ В},$$

де  $U_{ном.а}$  – номінальна напруга автомата,

$U_{ном.л}$  – номінальна напруга лінії.

Вибирається номінальний струм автомат:

$$I_{ном.а} \geq I_{ф},$$
$$2000 \text{ А} \geq 1847 \text{ А},$$

де  $I_{ф}$  – форсований струм.

Для визначення форсованого струму використовують формулу:

$$I_{ф} = K_{рез} \cdot I_{роз} = 1 \cdot 1847 = 1847 \text{ А}$$

де  $K_{рез}$  – коефіцієнт резервування та дорівнює 1 для двотраснформаторних

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підстанцій, які не мають резервування.

Номінальний струм розчіплювача знаходять:

$$I_{\text{ном.роз}} \geq I_{\phi},$$
$$2000 \text{ A} \geq 1847 \text{ A},$$

Знаходимо струм спрацювання перенавантаження теплового розщеплювача:

$$I_{\text{с.п}} = 1,25 \cdot I_{\text{ном.роз}} = 1,25 \cdot 2000 = 2500 \text{ A}$$

Для спрацювання розщеплювача має виконуватися умова:

$$I_{\text{с.п}} \geq 1,1 \cdot I_{\phi},$$
$$2500 \text{ A} \geq 1,1 \cdot 1847 = 2031 \text{ A}$$

Знаходимо струм спрацювання відсічки:

$$I_{\text{с.в}} = 7 \cdot I_{\text{ном.роз}} = 7 \cdot 2000 = 14000 \text{ A}$$

Для спрацювання відсічки має виконуватися умова:

$$I_{\text{с.в}} \geq 6 \cdot I_{\phi},$$
$$14000 \text{ A} \geq 6 \cdot 1847 = 11082 \text{ A}$$

Автоматичний вимикач повинен вимикатися за умови:

$$I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{П.0}},$$
$$80 \text{ кА} \geq 0,14 \text{ кА}$$

Остаточню вибираємо автомат з такими параметрами:

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{ном.а} = 660 \text{ В},$$

$$I_{ном.а} = 2000 \text{ А},$$

$$I_{ном.роз} = 2000 \text{ А},$$

$$I_{с.п} = 2500 \text{ А},$$

$$I_{с.в} = 14000 \text{ А},$$

$$I_{ном.в.а} = 80 \text{ кА};$$

Для захисту ліній живлення від ОРЦ -1(2) до шин 0,4 кВ оберемо автомат NM8S-250H. Розрахунок умов відбувається аналогічно розрахунку автомата NA1 – 2000XN. Результати вибору умов автоматичного вимикача наведені в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Каталожні і розрахункові дані автомата типу NM8S-250H

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} > U_{ном.л}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.л} = 400 \text{ В}$
За номінальним струмом $I_{ном.а} > I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 250 \text{ А}$	$I_{\phi} = 150 \text{ А}$
За номінальним струмом розщеплювача $I_{ном.р} > I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 250$	$I_{\phi} = 150$
За струмом уставки теплового розщеплювача $I_{с.п} > 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.п} = 1,25 \cdot I_{ном.р} = 312 \text{ А}$	$1,1 I_{\phi} = 1,1 \cdot 150 = 165 \text{ А}$
За умовою відстрочки від пікових струмів $I_{с.в} > 6 I_{\phi}$	$I_{с.в} = 7 \cdot I_{ном.р} = 7 \cdot 250 = 1750 \text{ А}$	$6 I_{\phi} = 6 \cdot 150 = 900 \text{ А}$
За номінальним струмом вимкнення автомата $I_{ном.в.а} > I_{п.0}$	$I_{ном.в.а} = 70 \text{ кА}$	$I_{п.0} = 0,769 \text{ кА}$

Для захисту лінії ГРЩ власних потреб оберемо ввідний автомат УСВ1000S. Розрахунок умов відбувається аналогічно розрахунку автомата NA1 – 2000XN. Результати вибору умов автоматичного вимикача наведені в таблиці 3.2.3. Розрахунок робився на основі максимального струму та навантаження в ГРЩ

						ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



### 3.3 Вибір вимикачів на стороні 10 кВ

Для вимикача КТП на високій напрузі та ПС на низькій використаємо вакуумний вимикач типу ВВ/VL-12-25. Вибір вимикача виконується за умовами що наведені у таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 – Вибір вимикача для сторони 10 кВ

Умова вибору	Розрахункове значення	Каталожне значення
$U_c \leq U_n$	10 кВ	10 кВ
$I_{роз} \leq I_{ном}$	160 А	1000 А
$I_{П.0} \leq I_{прСКВ}$	1,5 кА	25 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	3,18 кА	65 кА
$B_K \leq I_{T_r}^2 t_r$	10,61 кА	$25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2\text{с}$

### 3.4 Вибір трансформаторів струму

Трансформатор струму (СТ) — це особливий тип трансформатора, призначений для зменшення змінного струму. Вони виробляють струм у вторинній обмотці, пропорційний струму в первинній обмотці. Трансформатори струму є вимірювальними трансформаторами. Вимірювальні трансформатори дозволяють знизити високі значення напруги або струму до рівня, зручного для використання з вимірювальною апаратурою і захисними реле. Такі трансформатори також ізолюють вимірювальні або захисні схеми від високої напруги первинної системи. Трансформатор струму забезпечує вторинний струм, який точно відповідає струму в первинній обмотці. Це також створює мінімальне навантаження на первинний контур.

Розрахунок ТС обираємо за первинним струмом ВН та НН КТП розрахунок котрих наведено в пункті 2.2.1.

Первинний струм сторони ВН:

$$I_{1ВН} = 160 \text{ А}$$

Первинний струм сторони НН:

$$I_{1НН} = 2886 \text{ А}$$

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлюємо такі трансформатори струму:

- на стороні ВН: ТОЛУ-10-200/5, класом точності 0,5;
- на стороні НН: ТШ-0,66-3000/5, класом точності 0,5;

Дані щодо вибору трансформатору струму занесені в таблицю 3.4.1

Таблиця 3.4.1 – Вибір трансформаторів струму

Сторона	Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані	Тип ТС
ВН	$U_{1ВН} \leq U_{ном}$ $I_{1ВН} \leq I_{ном}$	$U_{ном} = 10$ кВ $I_{ном} = 200$ А	$U_{1ВН} = 10$ кВ $I_{1ВН} = 160$ А	ТОЛУ-10-200/5
НН	$U_{1НН} \leq U_{ном}$ $I_{1НН} \leq I_{ном}$	$U_{ном} = 0,66$ кВ $I_{ном} = 3000$ А	$U_{1НН} = 0,4$ кВ $I_{1НН} = 2886$ А	ТШ-0,66-3000/5

### 3.5 Вибір РЗА

При протіканні струму короткого замикання компоненти системи електропостачання зазнають теплових і динамічних впливів. Для зменшення масштабу збитків і запобігання аваріям встановлюють набір автоматичних пристроїв, які називаються захисними реле, які дозволяють до певної міри швидко відключити пошкоджений елемент або частину мережі, якщо таке пошкодження становить для нього безпосередню небезпеку. схема. , сигналізатор вмикається, коли небезпеки немає.

Вимоги до релейного захисту:

- селективність полягає в тому, що пошкоджена частина ланцюга від'єднується автоматичним вимикачем або високовольтним вимикачем;
- швидкодія – це мінімальний час відгуку автоматики. За часом дії досягає від 0,1 до 0,2 с.
- чутливість – визначається за допомогою коефіцієнта, що визначає момент відключення;
- надійність – це забезпечення надійної роботи реле та апаратів, виконання монтажу і систематичного спостереження за захисними пристроями.

З врахуванням розрахунків, що виконувалися для релейного захисту обираємо РЗА марки Chint NJBK1-80.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6 Заземлення та заходи захисту

Система заземлення проєктованого об'єкта забезпечується прийняттям усіх проєктних рішень у строгій відповідності з ПУЕ, Розділ 1. Загальні правила. Глава 1.7.Заземлення та захисні заходи від ураження електричним струмом (Київ 2011 р.), СНиП 3.05.06 85. Электротехнические устройства, а також ДБН В.2.5-27-2006 "Защитные меры электробезопасности в электроустановках".

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом виконується система захисту TN-S. До кожного споживача від ГРЩ об'єкту прокладеться РЕ провідник у вигляді 5-ї жили в трьохфазній мережі і 3-ї жили в однофазній мережі. Підключення ГРЩ до контуру заземлення відбувається в РУ-0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, опір якого має бути не менше 4-х Ом, тому додаткових заземлюючих пристроїв не передбачається.

#### Висновки по розділу 3

У даному розділі було визначені струми короткого замикання, вибрані автоматичні вимикачі для сторони 0,4 кВ та 10 кВ, вибрані трансформатори струму, обрано РЗА системи, обрано тип заземлення.

Для ЕГУ – 1(2) були обрані вимикачі типу NA1 – 2000XN номінальним струмом 2000 А, для ОРЦ – 1(2) обрані вимикачі типу NM8S-250N номінальним струмом 200 А, для ввідного автомата ГРЩ власних потреб обрано UCS1000S.

На стороні 10 кВ встановлено вакуумний вимикач ВВ/VL-12-25.

Трансформатор струму для 0,4 кВ обрано ТШ-0,66-3000/5 з класом точності 0,5. Для сторони ВН 10 кВ обрану ТОЛУ-10-200/5 з класом точності 0,5.

Для релейного захисту обрано реле марки Chint NJBK1-80.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом виконується система захисту TN-S.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОБЛІК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

### 4.1 Автоматизована система обліку

Автоматизована система обліку - це комплексна система, яка вимірює, перетворює і контролює енергію з метою забезпечення своєчасного надходження необхідної інформації для прийняття ефективних управлінських рішень і здійснення регламентних операцій у господарському управлінні.

Проектом передбачається встановлення технічного обліку в середині ГРЩ, ЩУ біоенергетичного комплексу та ЩР побутового блоку.

В БіоЕС будуть використовуватися лічильники NIK 2303 ARP 1 призначений для вимірювання активної енергії в прямому і реактивної енергії в прямому і зворотному напрямках в трифазних колах змінного струму. Нижче показані фото(рис 1.8) та паспортні дані лічильника (табл. 1.5).



Рис. 1.8 – лічильник NIK 2303 ARP 1

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



В області між ланцюгами трансформатора струму та затискачами, де встановлена закоротка, будь-які роботи, які можуть спричинити розмикання ланцюга, строго заборонені.

При взаємодії з активними вимірювальними електроустановками важливо виконувати наступні організаційні та технічні заходи для забезпечення безпеки робіт:

- забезпечити належну підготовку та навчання персоналу, який працює з електроустановками;
- використовувати відповідні засоби і заходи ізоляції та захисту (наприклад, ізоляційні матеріали, рукавиці, захисні окуляри);
- застосовувати процедури з вимкнення та блокування електроустановок перед початком будь-яких робіт;
- проводити регулярні перевірки та обслуговування електрообладнання;
- використовувати лише перевірене та відповідне інструментальне обладнання;

Засоби захисту та технічні методи, які забезпечують електробезпеку, мають бути встановлені з урахуванням наступних умов:

- встановлення номінальної напруги, типу та частоти струму електроустановок і/або лічильників та трансформаторів струму;
- вибір способу забезпечення приладу електроенергією (від стаціонарної мережі або автономного джерела живлення);
- визначення режиму нейтралі джерела живлення електроенергією (ізольована або заземлена нейтраль);
- варіанти виконання випробувальної установки (стаціонарні, пересувні, портативні);
- можливість наближення до струмоведучих частин, що перебувають під робочою, вимірювальною або випробувальною напругою, на відстань, меншу за допустиму, або потрапляння в зону розтікання струму.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### **Висновки по розділу 4**

В даному розділі було вибрано лічильник для АСКОЕ, були розглянуті особливості монтажу та безпеки персоналу під час роботи з ними.

Визначено порядок заміни лічильника, встановленого біля трансформаторів напруги (ТН) та струму (ТС): отримати розпорядження або наряд; провести заземлення та знеструмлення робочої ділянки; розмістити попереджувальні знаки та плакати; призначити виконавців робіт; забезпечити працівників необхідним інструментом, засобами захисту та вогнегасниками.

Визначено, що місце проведення робіт є небезпечним та шкідливим для працівників через такі фактори: високий струм (близько 200 А) та сильний шум з рівнем понад 100 дБ.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дані роботі було розглянуто біоенергетичну електростанцію яка працює на силосі кукурудзи та сільськогосподарських відходах, з загальною видачі потужності 2570 кВт та її підключення до підстанції ПС 35/15. Основною задачею було вибір обладнання для підключення.

Для передачі електроенергії від ЕГУ – 1(2) та ОРЦ – 1(2) до КТП був обраний кабель з мідними жилами марки ВВГнг 1x400 мм<sup>2</sup> 4 кабеля з прокладкою у трубі та ВВГнг 1x4 мм<sup>2</sup> 4 кабеля з прокладкою у трубі. Для КТП був обраний трансформатор ТМГ – 2000кВА 10/0,4 кВ. КТП являє собою двотрансформаторну підстанцію блочного модуля виконання утепленого типу. Силові кабелі сторони 10 кВ обиралися за методом економічних інтервалів, був обраний кабель з алюмінієвими жилами марки АПвЭгаПу 1x95 мм<sup>2</sup>.

Далі проводився розрахунок струмів короткого замикання та вибір комутуючого обладнання. Для захисту ліній живлення від ЕГУ -1(2) до шин 0,4 кВ беремо автомат NA1 – 2000XN. Для захисту ОРЦ – 1(2) беремо автомат NM8S-250H. Для лінії власних потреб БіоЕС беремо автомат UCSB1000S. Для захисту лінії біоенергетичного комплексу, що входить до ГРЩ власних потреб, беремо автомат UCSB600S, також для об'єктів власних потреб таких як: побутовий блок – NM8-125H, зовнішнє електроосвітлення - NM8-250H, власні потреби генератора - NM8-125H, власні потреби ОРЦ - NM8-125H. На НН стороні обох трансформаторів встановлено роз'єднувач РЕ 19-46. На стороні ВН трансформатора та ПС 35/10 обрано вакумні вимикачі типу ВВ/VL-12-25.

Розрахунок та вибір трансформаторів за первинним струмом ситорін ВН та НН, встановленно на стороні ВН ТОЛУ-10-200/5, на стороні НН ТШ-0,66-3000/5. Для релейного захисту обираємо РЗА марки Chint NJBK1-80. Для захисту персоналу від ураження електричним стурмом виконується система захисту TN-S.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектом передбачається встановлення АСКОВЕ з використанням лічильників NIK 2303 APK 1 в середині ГРЩ, ЩУ біоенергетичного комплексу та ЩР побутового блоку.

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Перспективи виробництва та використання біогазу [Електроний ресурс]/ Гелетуґа Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б – 2013р. - <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-4-ua.pdf>

2. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ [Електроний ресурс]/ Дудніков С. М., к.т.н., доц./ Пазій В. Г., магістр, ст. викл., - Державний біотехнологічний університет [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/43565/1/EE\\_tekhnolohiyi\\_APK\\_9\\_23\\_9-10.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/43565/1/EE_tekhnolohiyi_APK_9_23_9-10.pdf)

3. Правила улаштування електроустановок [Електроний ресурс] Видавництво ФОРТ 2017р. <https://enext.ua/upload/books/pueh-ukraina-2017.pdf>

4. Нормативний документ мінероговугілля України. Настанова. Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ / СОУ-Н-МЕВ-40.1-37471933-49-2011 [Електроний ресурс] [https://meganom.kiev.ua/wp-content/uploads/2020/11/СОУ-Н-МЕВ-40.1-37471933-49-2011\\_Проектирование.pdf](https://meganom.kiev.ua/wp-content/uploads/2020/11/СОУ-Н-МЕВ-40.1-37471933-49-2011_Проектирование.pdf)

5. Офіційний сайт ПАТ “Завод “Южкабель” [Електроний ресурс] <https://www.yuzhcable.info>

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК А

Результати перевірки пояснювальної записки на плагіат

					ДП1105.141.005.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ім'я користувача:  
Чижевський Володимир

ID перевірки:  
1016365895

Дата перевірки:  
16.06.2024 21:13:31 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
17.06.2024 01:56:13 EEST

ID користувача:  
100006981

Назва документа: Макогон Дмитро Сергійович

Кількість сторінок: 40 Кількість слів: 7085 Кількість символів: 47317 Розмір файлу: 775.61 KB ID файлу: 1016172007

## 14.3% Схожість

Найбільша схожість: 2.92% з Інтернет-джерелом (<http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>)

10.8% Джерела з Інтернету 186 ..... Сторінка 42

12.8% Джерела з Бібліотеки 482 ..... Сторінка 43

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 85