

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ГОНТАР ЮЛІЯ ГРИГОРІВНА**

УДК 620.179

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**МЕТОД КОНТРОЛЮ СТРУМОВИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ**  
**В СИЛОВИХ КАБЕЛЯХ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ**

05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин  
15 – автоматизація та приладобудування

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

*Ідентифікація за змістом  
з іншими приладами  
дисертації засвідчено*

*Введено в науковий обіг спеціалізованою  
радою*

*06.03.2021 р.*



*Юлія Гонтар* Юлія ГОНТАР

Науковий керівник  
**Гурин Анатолій Григорович,**  
доктор технічних наук, професор

*Іван Косіонов*

Харків – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Гонтар Юлія Григорівна.* Метод контролю струмових перевантажень в силових кабелях середньої напруги. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

Дисертаційна робота присвячена розробці методу контролю струмових перевантажень в силових кабелях середньої напруги з ізоляцією із зшитого поліетилену.

Виконано аналітичний огляд технічних переваг силових кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену; визначено, що при модернізації існуючих та проектуванні нових розподільчих мереж найважливішою є інформація про величину гранично допустимих струмів навантаження, що визначається саме за температурою струмопровідних жил кабелів. При значному перевищенні рівня нагрівання провідників (вище допустимого) струм навантаження повинен бути скоригований, що важливо для ефективного функціонування лінії в складі енергосистеми.

Встановлено, що тривало допустимий струм в нормованих умовах експлуатації є головною технічною характеристикою пропускної спроможності кабелю. Використання стандартних методів визначення пропускної спроможності вимагає урахування особливостей конструкції кабелю, які притаманні саме кабелям середньої напруги зі зшитою поліетиленовою ізоляцією.

В результаті проведених досліджень запропоновано модель, яка дозволяє визначати параметри тривалого струмового навантаження ЗПЕ-кабелю за рахунок введення в систему рівнянь аналітичного виразу для визначення

коефіцієнту розсіяння тепла. Це дозволило врахувати особливості конструкції кабелю.

Визначені та обґрунтовані напрямки дисертаційного дослідження.

Теоретично і експериментально підтверджено метод контролю допустимих струмових перевантажень шляхом визначення постійної нагрівання кабелю струмом перевантаження. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження визначення динаміки нагрівання кабелів АПвЕгаПу – 1×70 – 35 кВ та ААШв 1х 75 – 10 кВ за різних температур оточуючого середовища. Проведений розрахунок динаміки нагрівання даних кабелів за допомогою двохпараметричної експоненційної моделі (параметр масштабу  $\tau_{max} = \Theta_{гр} - \Theta_{oc}$  і параметр форми експоненти  $\beta$ ), враховано умову збереження теплового балансу.

Для даних типів конструкцій кабелів визначена стала нагрівання  $\beta$ . Встановлено, що за можливості, слід віддати перевагу експериментальному визначенню динаміки нагрівання конкретного кабелю в визначених умовах. За допомогою статистичної моделі визначено точність експериментальної оцінки. Проведено аналіз результатів розрахунку сталої нагріву жили, визначеної за різними моделями для кабелю АПвЕгаПу–1×70 – 35 кВ.

Визначено, що порівняння орієнтовно розрахованих оцінок сталої нагрівання двох типів кабелів середньої напруги з результатами оцінювання відповідних значень як параметрів лінійної функції за результатами вимірювання динаміки нагрівання жил цих кабелів свідчить про те, що орієнтовний розрахунок сталої нагрівання кабелів середньої напруги відображає особливості їх конструкції, не вимагає тривалого експерименту і дозволяє тим самим оперативно і адекватно оцінити вплив конструкції кабелю на динаміку його нагрівання, використовуючи двохпараметричну експоненту.

Проаналізовано вплив технологічних особливостей виготовлення ЗПЕ-кабелів. Проведено аналіз впливу структури напівпровідного екрану на розподіл електричного поля в ізоляції ЗПЕ-кабелю на напругу 35 кВ.

Встановлено, що за умови застосування в матеріалі екрану пічної сажі замість ацетиленової на границі екран-ізоляція можуть виникати місця локального посилення електричного поля.

Розроблено програми обчислень для методу подвійного конформного перетворення з метою визначення розподілу напруженості електричного поля з урахуванням того, що діелектрик складається з шарів з різними електрофізичними параметрами.

Отримано аналітичне рішення для знаходження розподілу потенціалу в замкненій області. Проаналізовано процес дегазації ЗПЕ-кабелю, на основі протоколів термогравиметричного аналізу дані практичні рекомендації щодо строків дегазації. Встановлено, що у разі використання в матеріалі екрану ацетиленової сажу і забезпечено повну дегазацію кабелю, то максимальна напруженість електричного поля в ізоляції кабелю на напругу 35 кВ не перевищує 4...4,5 кВ/мм. В іншому разі локальне значення максимальної напруженості електричного поля в ізоляції кабелю на напругу 35 кВ може досягати кількох десятків кВ/мм, що є причиною виникнення часткових розрядів в ізоляції.

Розроблено методу оцінки та контролю струмових перевантажень в ЗПЕ-кабелях середньої напруги.

Встановлено, що необхідною умовою визначення допустимого струмового навантаження є визначення кривих перевантажувальної спроможності у вигляді залежностей кратності струму перевантаження  $I_n$  до гранично допустимого струму  $I_{\text{доп}}$  в стаціонарному режимі роботи кабелю від часу перевантаження. Такі залежності дозволяють розробляти нормативи для конкретних кабельних ліній, оскільки відповідні кратності залежать від певних умов прокладання та експлуатації.

За умови, що режим навантаження є допустимим, тобто поточний перегрів не перевищує максимально допустимий, визначено струм та час допустимого перевантаження.

Проведено розрахунок коефіцієнту допустимого перевантаження від часу перевантаження. Встановлено, що визначення коефіцієнту допустимого перевантаження  $k$  дозволяє представити перевантажувальну здатність конкретного кабелю компактно у вигляді сімейства кривих допустимих перевантажень, при цьому необхідною є лише інформація про сталу нагрівання  $\beta$ .

За результатами дослідження знайдено діапазон можливих режимів тривалого струмового навантаження для конкретної конструкції кабелю, визначено часові та температурні межі при заданому коефіцієнті перевантаження. Запропоновано представлену систему контролю допустимого струмового перевантаження ЗПЕ-кабелів інтегрувати в існуючу систему контрольних випробувань на підприємстві.

Дані практичні рекомендації щодо впровадження запропонованого методу в систему існуючих контрольних випробувань на кабельних підприємствах. Відзначено, що доцільно використовувати запропонований метод контролю як неруйнівну діагностику силових кабелів.

Результати розробок захищені патентом України на корисну модель.

Розроблений метод контролю струмових перевантажень в силових кабелях середньої напруги впроваджено на кабельному заводі ТОВ «ЄВРОПАН» та в навчальному процесі кафедри електроізоляційної і кабельної техніки НТУ «ХПІ» при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», а саме в курсах «Основи кабельної техніки», «Розрахунок і конструювання силових кабелів і проводів», «Техніка випробувань електроізоляційних, кабельних та оптоволоконних систем».

*Ключові слова:* силові кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену, струмові перевантаження, стаціонарний режим, динаміка нагрівання кабелю, режим тривалого струмового навантаження, кабелі середньої напруги, перевантажувальна здатність.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Гонтарь Ю. Г. Влияние напряженности электрического поля на разрушение поверхностного слоя изоляционной конструкции / Ю. Г. Гонтарь, Д. В. Лавинский // *Електротехніка і електромеханіка*. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2013. – № 4. – С. 40 – 43.

2. Гонтар Ю.Г. Разрушение поверхностного слоя диэлектрика в концевых кабельных муфтах под действием грозových перенапряжений / А. Г. Гурин, Ю. Г. Гонтарь // *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2013. – № 59 (1032). – С. 53-61.

3. Гонтар Ю.Г. Разрушение увлажненного поверхностного слоя полимерной изоляции при грозových перенапряжениях / А. Г. Гурин, Ю. Г. Гонтарь // *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 24. – С. 33-39.

4. Гонтар Ю.Г. Неразрушающий метод определения неоднородностей в изоляционном материале линейных изоляторов и концевых разделках силовых кабелей / А. Г. Гурин, И. А. Костюков, Е. С. Москвитин, В. П. Скибин, Ю. Г. Гонтарь // *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2017. – № 31 (1253). – С. 25-28.

5. Гонтар Ю. Г. Вплив динаміки нагрівання полімерної ізоляції силових кабелів середньої напруги на їх пропускну здатність / Т.Ю. Антоненко, Ю.Г. Гонтар // *Світлотехніка та електроенергетика*. – Харків : ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2020. – № 3(59), - С. 127–130.

6. Гонтар Ю.Г. Теплофізичні аспекти визначення навантажувальної здатності силових кабелів середньої напруги з ізоляцією із зшитого поліетилену в стаціонарних режимах експлуатації / Гонтар Ю. Г., Щебенюк Л.А., Антонєць С.Ю. // *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит.* – №10 (159). – 2020. – С. 56-66.

7. Гонтар Ю.Г. Аналіз моделей для оцінювання впливу поверхневого ефекту на величину активного опору суцільних та багатопроволочних жил силових кабелів / І.О. Костюков, Ю.Г. Гонтар // *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2020. – № 2. – С. 43-46.

8. Gontar Yu. Quality control and evaluation of the life cycle insulated power cables XPLE / Gontar Yu., Kiessaiev O., Antonets T. // *The scientific heritage* (Budapest, Hungary). – №59 (2021) – VOL. 1. – pp. 24-26.

9. Гонтар Ю.Г. Аналіз параметрів стаціонарних теплових процесів в реальних режимах експлуатації силових кабелів середньої напруги з ізоляцією із зшитого поліетилену / Ю.Г. Гонтар, Л.А. Щебенюк, А.Г. Гурин // *Norwegian Journal of Development of the International Science* (Oslo, Norway). – №54/2021. – VOL.1 – С. 55-58.

10. Пат. 77272 Україна, МПК (2013.01) G01N 27/00. Спосіб визначення дефектів в шарі електричної ізоляції провідника / А. Г. Гурин, О. В. Голик, Л. А. Щебенюк, Ю. Г. Гонтар, Ю. П. Антонєць ; патентовласник Нац. техн. ун-т "ХПІ". – № u 2012 08203 ; заяв. 04.07.2012 ; публ. 11.02.2013, Бюл. № 3. – 5 с.

11. Гонтар Ю. Г. Вплив структури ізоляційного матеріалу на розподіл грозової перенапруги на поверхні прохідного ізолятора // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матеріали ХІХ міжнар. наук.-практ. конфер., 19–21 травня 2011 р.* – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – ч. 2, с. 198.

12. Гонтар Ю.Г. Метод контролю наявності дефектів в шарі електричної ізоляції / Д. В. Лавінський, Ю. Г. Гонтар, А. Г. Гурин // *Інформаційні*

*технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: матеріали XXI міжнар. наук.-практ. конфер., 29–31 травня 2013 р. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – ч. 2, с. 207.

13. Гонтарь Ю.Г. Разряд по увлажненной поверхности полимерной изоляции при воздействии грозových перенапряжений / А. Г. Гурин, Ю. Г. Гонтарь // Тези доп. 22-ї Міжнар. наук.-практ. конф. *"Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (MicroCAD–2014)*, 21-23 травня 2014 р. / ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ. – Харків : НТУ "ХПІ", 2014. – С. 211.

14. Гонтар Ю.Г. Дослідження розподілу електричного поля за допомогою ємнісних датчиків / А. Г. Гурин, Ю. Г. Гонтар // Тези доп. 23-ї Міжнар. наук.-практ. конф. *"Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я" (MicroCAD–2015)*, 20-22 травня 2015 р. / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ", 2015. – С. 150.

15. Гонтарь Ю.Г. Влияние эксплуатационных факторов на электрические свойства полимерной изоляции концевых разделок силовых кабелей высоковольтных импульсных устройств / А. Г. Гурин, Ю. Г. Гонтарь // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD–2016)* : наук. вид. : тези доп. 24-ї міжнар. наук.-практ. конф., [18-20 травня 2016 р.] : у 4 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ "ХПІ", 2016. – С. 149.

16. Гонтар Ю.Г. Підвищення енергоефективності систем передачі електричної енергії шляхом оцінки перевантажувальної спроможності кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену / Антоненко Т.Ю., Гонтар Ю.Г., Піротті О.Є. // *IV Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність та енергетична безпека електроенергетичних систем (EEES-2020)»* 10-13 листопада 2020 р. – Збірник наукових праць. Харків : Друкарня Мадрид, 2020. – С. 36-38.



## ABSTRACT

Gontar Yuliya Hryhorivna. Method of controlling the current overloads of medium voltage power cables. On the rights of the manuscript.

Thesis on obtaining a scientific degree of Ph.D. in specialty 05.11.13 "Devices and methods of testing and determination of composition of substances" – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute".

The dissertation work is devoted to the development of the method of current overload control in medium voltage power cables with cross-linked polyethylene insulation.

An analytical review of the technical advantages of power cables with cross-linked polyethylene insulation was performed; It is determined that when modernizing existing and designing new distribution networks, the most important is the information about the value of the maximum allowable load currents, which is determined by the temperature of the conductive cores of cables. If the heating level of the conductors is significantly exceeded (above the allowable), the load current must be adjusted, which is important for the efficient operation of the line in the power system.

It is established that long-term allowable current in normalized operating conditions is the main technical characteristic of cable capacity. The use of standard methods for determining the bandwidth requires consideration of the design features of the cable, which are specific to medium voltage cables with cross-linked polyethylene insulation.

As a result of the conducted researches the model which allows to define parameters of long current loading of XLPE-cable due to introduction in system of equations of analytical expression for definition of coefficient of heat dissipation is offered. This allowed to take into account the design features of the cable.

The directions of dissertation research are defined and substantiated.

The method of control of admissible current overloads by definition of a constant heating of a cable by an overload current is theoretically and experimentally confirmed. Theoretical and experimental researches of

determination of dynamics of heating of cables of APvEgaPu - 1 × 70 - 35 kV and AAShv 1x 75 - 10 kV at different ambient temperatures are carried out. The calculation of the heating dynamics of these cables using the two-parameter exponential model (scale parameter  $\tau_{\max} = \Theta_{\text{gr}} - \Theta_{\text{os}}$  and the shape parameter of the exponent  $\beta$ ), taking into account the condition of maintaining the heat balance.

For these types of cable designs, the constant heating  $\beta$  is determined. It is established that, if possible, preference should be given to experimental determination of the heating dynamics of a particular cable under certain conditions. The accuracy of the experimental estimation was determined using a statistical model. The analysis of the results of the calculation of the constant heating of the core, determined by different models for the cable APvEgaPu-1 × 70 - 35 kV.

It is determined that the comparison of approximately calculated estimates of the heating constant of two types of medium voltage cables with the results of estimating the corresponding values as parameters of the linear function based on the measurement of heating dynamics of these cables indicates that the approximate calculation of the heating medium of medium voltage cables does not long experiment and thus allows you to quickly and adequately assess the impact of cable design on the dynamics of its heating, using a two-parameter exponent.

The influence of technological features of production of XLPE-cables is analyzed. The influence of the structure of the semiconductor screen on the distribution of the electric field in the insulation of the XLPE-cable at a voltage of 35 kV is carried out.

It is established that if a furnace soot is used in the screen material instead of acetylene, places of local electric field amplification may occur at the screen-insulation boundary.

Calculation programs have been developed for the method of double conformal transformation in order to determine the distribution of the electric field strength, taking into account the fact that the dielectric consists of layers with different electrophysical parameters.

An analytical solution for finding the potential distribution in a closed domain is obtained. The process of degassing of XLPE-cable is analyzed, on the basis of protocols of thermogravimetric analysis practical recommendations concerning terms of degassing are given. It is established that in the case of using acetylene carbon black in the screen material and complete degassing of the cable is provided, the maximum electric field strength in the cable insulation at a voltage of 35 kV does not exceed 4... 4.5 kV / mm. Otherwise, the local value of the maximum electric field strength in the cable insulation at a voltage of 35 kV can reach several tens of kV / mm, which is the cause of partial discharges in the insulation.

A method for estimating and controlling current overloads in medium-voltage XLPE-cables has been developed.

It is established that a necessary condition for determining the allowable current load is to determine the curves of overload capacity in the form of dependences of the multiplicity of the overload current  $I_p$  to the maximum allowable current  $I_{dop}$  in stationary mode of cable operation from the time of overload. Such dependencies allow the development of standards for specific cable lines, as the corresponding multiplicities depend on certain conditions of laying and operation.

Provided that the load mode is permissible, ie the current overheating does not exceed the maximum permissible, the current and time of permissible overload are determined.

The calculation of the allowable overload coefficient from the overload time is performed. It is established that the determination of the allowable overload coefficient  $k$  allows to represent the overload capacity of a particular cable compactly in the form of a family of curves

*Keywords:* power cables with cross-linked polyethylene insulation, current overloads, stationary mode, cable heating dynamics, long-term current load mode, medium voltage cables, overload capacity.

## REFERENCES

1. Gontar' Yu. G. Vliyanie napryazhennosti elektricheskogo polya na razrushenie poverkhnostnogo sloya izolyatsionnoi konstruktsii / Yu. G. Gontar', D. V. Lavinskii // *Elektrotekhnika i elektromekhanika*. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2013. – № 4. – S. 40 – 43.
2. Gontar Yu.G. Razrushenie poverkhnostnogo sloya dielektrika v kontsevykh kabel'nykh muftakh pod deistviem grozovykh perenapryazhenii / A. G. Gurin, Yu. G. Gontar' // *Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu "Kharkivs'kii politekhnichnii institut"*. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2013. – № 59 (1032). – S. 53-61.
3. Gontar Yu.G. Razrushenie uvlazhnennogo poverkhnostnogo sloya polimernoii izolyatsii pri grozovykh perenapryazheniyakh / A. G. Gurin, Yu. G. Gontar' // *Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu "Kharkivs'kii politekhnichnii institut"*. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2014. – № 24. – S. 33-39.
4. Gontar Yu.G. Nerazrushayushchii metod opredeleniya neodnorodnostei v izolyatsionnom materiale lineinykh izolyatorov i kontsevykh razdelkakh silovykh kabelei / A. G. Gurin, I. A. Kostyukov, E. S. Moskvitin, V. P. Skibin, Yu. G. Gontar' // *Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu "Kharkivs'kii politekhnichnii institut"*. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2017. – № 31 (1253). – S. 25-28.
5. Gontar Yu. G. Vplyv dynamiky nahrivannya polimernoyi izolyatsiyi sylovykh kabeliv seredn'oyi napruhy na yikh propusknu zdatnist' / T.Yu. Antonets', Yu.G. Gontar // *Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka*. – Kharkiv : KhNUMH imeni O.M. Beketova, 2020. – № 3(59), - S. 127–130.
6. Gontar Yu.G. Teplofizychni aspekty vyznachennya navantazhuval'noyi zdatnosti sylovykh kabeliv seredn'oyi napruhy z izolyatsiyeyu iz zshytoho polietylenu v statsionarnykh rezhymakh ekspluatatsiyi / Gontar Yu. G., Shchebenyuk L.A., Antonets' S.Yu. // *Enerhozberezhennya. Enerhetyka. Enerhoaudyt*. – №10 (159). – 2020. – S. 56-66.

7. Gontar Yu.G. Analiz modeley dlya otsinyuvannya vplyvu poverkhnevoho efektu na velychynu aktyvnoho oporu sutsil'nykh ta bahatoprovolochnykh zhyl sylovykh kabeliv / I.O. Kostyukov, Yu.G. Gontar // *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "Kharkivs'kyy politekhnichnyy instytut"*. – Kharkiv : NTU "KhPI". – 2020. – № 2. – S. 43-46.

8. Gontar Yu. Quality control and evaluation of the life cycle insulated power cables XPLE / Gontar Yu., Kiessaiev O., Antonets T. // *The scientific heritage (Budapest, Hungary)*. – №59 (2021) – VOL. 1. – pp. 24-26.

9. Gontar Yu.G. Analiz parametriv statsionarykh teplovykh protsesiv v real'nykh rezhymakh ekspluatatsiyi sylovykh kabeliv seredn'oyi napruhy z izolyatsiyeyu iz zshytoho polietylenu / Yu.G. Gontar, L.A. Shchebenyuk, A.H. Huryn // *Norwegian Journal of Development of the International Science (Oslo, Norway)*. – №54/2021. –VOL.1 – C. 55-58.

10. Pat. 77272 Ukraina, MPK (2013.01) G01N 27/00. Sposib vyznachennya defektiv v shari elektrychnoyi izolyatsiyi providnyka / A. H. Huryn, O. V. Holyk, L. A. Shchebenyuk, Yu. H. Hontar, Yu. P. Antonets' ; patentovlasnyk Nats. tekhn. un-t "KhPI". – № u 2012 08203 ; zayav. 04.07.2012 ; publ. 11.02.2013, Byul. № 3. – 5 s.

11. Gontar Yu. G. Vplyv struktury izolyatsiyynoho materialu na rozpodil hrozovoyi perenapruhy na poverkhni prokhidnoho izolyatora // *Informatsiyni tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya: materialy XIX mizhnar. nauk.-prakt. konfer., 19–21 travnya 2011 r.* – Kharkiv: NTU «KhPI», 2011. – ch. 2, s. 198.

12. Gontar Yu.G. Metod kontrolyu nayavnosti defektiv v shari elektrychnoyi izolyatsiyi / D. V. Lavins'kyy, Yu. G. Gontar, A. H. Huryn // *Informatsiyni tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya: materialy XXI mizhnar. nauk.-prakt. konfer., 29–31 travnya 2013 r.* – Kharkiv: NTU «KhPI», 2013. – ch. 2, s. 207.

13. Gontar' Yu.G. Razryad po uvlazhnennoi poverkhnosti polimernoi izolyatsii pri vozdeistvii grozovykh perenapryazhenii / A. G. Gurin, Yu. G. Gontar'

// Tezy dop. 22-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. *"Informatsiyini tekhnolohiyi : nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya"* (MicroCAD–2014), 21-23 travnya 2014 r. / red. L. L. Tovazhnyans'kyy. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2014. – S. 211.

14. Gontar Yu.G. Doslidzhennya rozpodilu elektrychnoho polya za dopomohoyu yemnisnykh datchykyv / A. H. Huryn, Yu. H. Hontar // Tezy dop. 23-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. *"Informatsiyini tekhnolohiyi : nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya"* (MicroCAD–2015), 20-22 travnya 2015 r. / red. Ye. I. Sokol. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – S. 150.

15. Gontar' Yu.G. Vliyanie ekspluatatsionnykh faktorov na elektricheskie svoistva polimernoi izolyatsii kontsevykh razdelok silovykh kabelei vysokovol'tnykh impul'snykh ustroystv / A. G. Gurin, Yu. G. Gontar' // *Informatsiyini tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya* (MicroCAD–2016) : nauk. vyd. : tezy dop. 24-yi mizhnar. nauk.-prakt. konf., [18-20 travnya 2016 r.] : u 4 ch. Ch. 2 / red. Ye. I. Sokol. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2016. – S. 149.

16. Gontar Yu.G. Pidvyshchennya enerhoefektyvnosti system peredachi elektrychnoyi enerhiyi shlyakhom otsinky perevantazhuval'noyi spromozhnosti kabeliv z izolyatsiyeyu iz zshytoho polietylenu / Antonets' T.Yu., Gontar Yu.G., Pirotti O.Ye. // *IV Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya «Enerhoefektyvnist' ta enerhetychna bezpeka elektroenerhetychnykh system (EEES-2020)»* 10-13 lystopada 2020 r. – Zbirnyk naukovykh prats'. Kharkiv : Drukarnya Madryd, 2020. – S. 36-38.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВИХ КАБЕЛІВ ІЗ ЗШИТОЮ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ.....</b>	
	10
1.1    Розвиток конструкцій силових кабелів із зшитою поліетиленовою ізоляцією.....	10
1.2    Життєвий цикл кабелів.....	12
1.3    Методи діагностики кабелів зі зшитою полімерною ізоляцією.....	14
1.4    Методи випробувань силових кабелів зі ЗПЕ-ізоляцією.....	16
1.5    Висновки за розділом 1 .....	27
<b>РОЗДІЛ 2 ТЕПЛОВЕ І ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ СИЛОВОГО КАБЕЛЮ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ.....</b>	
	29
2.1    Енергетичний баланс як основа інженерної надійності.....	29
2.2    Модель теплового балансу в стаціонарному тепловому режимі.....	34
2.3    Експериментальне дослідження динаміки нагрівання силових кабелів середньої напруги.....	56
2.4    Висновки за розділом 2 .....	70
<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КАБЕЛІВ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ.....</b>	
	72
3.1    Основні технологічні засоби забезпечення максимальної продуктивності процесу.....	72
3.2    Способи зшивання поліетилену.....	84
3.3    Дослідження електричного поля в екструдованій ізоляції силового кабелю середньої напруги .....	88
3.4    Особливості технологічної операції дегазації ЗПЕ-кабелю.....	96

3.5 Висновки за розділом 3 .....	102
РОЗДІЛ 4 МЕТОД ОЦІНКИ КОРОТКОЧАСНОЇ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ КАБЕЛЮ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА.....	104
4.1 Оцінка короткочасного струмового перевантаження кабелю АПвЕгаПу-35 кВ.....	104
4.2 Визначення допустимого струмового перевантаження силового кабелю в умовах виробництва.....	115
4.3 Висновки за розділом 4 .....	118
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	122
ДОДАТОК А – АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ .....	134
ДОДАТОК Б – СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА.....	137