

**Залежнасць магутнасці ветрагенератару ад колькасці лапасцей і дыяметра ветракола пры хуткасці ветра да 4 м/с**

Магутнасць, Вт	Дыяметр ветракола пры колькасці лапасцей, м					
	2	3	4	6	8	16
10	2	1,64	1,42	1,16	1	0,72
20	2,82	2,32	2	1,64	1,42	1
30	3,44	2,82	2,44	2	1,72	1,22
40	4	3,28	2,84	2,32	2	1,58
50	4,48	3,68	3,18	2,6	1,24	1,58
60	4,9	4	3,48	2,84	2,44	1,74
100	6,34	5,2	4,5	3,68	3,16	2,24
300	10,94	8,98	7,76	6,34	5,46	3,88
500	14	11,48	9,94	8,16	7	5

## Літаратура

1. MeteoCast. – Рэжым доступу: <https://ru.meteo-cast.in/windrose/by/gomel/>. – Дата доступу: 12.04.2024.
2. YandexWeather. – Рэжым доступу: <https://www.yaweather.ru/by/Gomel/>. – Дата доступу: 12.04.2024.

**ВЫБАР ФОТАЭЛЕКТРЫЧНЫХ ПЕРАЎТВАРАЛЬНІКАЎ  
ДЛЯ ПАВЫШЭННЯ ЭНЕРГЕТЫЧНАЙ ЭФЕКТЫЎНАСЦІ  
СТАНЦЫЙ КАТОДНАЙ АБАРОНЫ ПАДЗЕМНЫХ  
ТРУБАПРАВОДАЎ**

**А. Я. Запольскі, М. А. Рогаў**

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны  
універсітэт імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Навуковы кіраўнік Ю. В. Крышнеў

*Разгледжаны выбар ФЭП для павышэння энергетычнай эфектыўнасці станцый катоднай абароны падземных трубаправодаў.*

**Ключавыя словы:** станцыя катоднай абароны, падземныя трубаправоды, энергетычная эфектыўнасць.

Для сучаснай Рэспублікі Беларусь транзіт вадкіх энергарэсурсаў праз сваю тэрыторыю з'яўляецца адной з важных частак даходу. Для яго ажыццяўлення выкарыстоўваецца добра развітая сетка як надземных, так і падземных трубаправодаў. Але існуе цэлы шэраг праблем, якія неабходна рашаць для эфектыўнага выкарыстоўвання гэтага транспарта. Галоўная з іх – абарона паверхнасцей металаканструкцый ад карозіі. Адным з спосабаў абароны з'яўляецца выкарыстоўванне станцый катоднай абароны (СКА). Гэты метадаў абароны адносіцца да актыўных, а яго сутнасць заключаецца ў наступным: СКА выступаюць у ролі крыніцы сілкавання: адмоўны выхад падключаецца к абараняемай металаканструкцыі, дадатны – к анод-наму зязямляльніку.

Адной з праблем СКА з'яўляецца іх энергетычная эфектыўнасць. Эканамічны аналіз паказвае, што да 30 % агульных затрат прыходзіцца на антыкаразійную абарону трубапроводаў, а дакладнее на функцыяванне СКА.

Для сілкавання СКА вельмі часта выкарыстоўваюць лініі электрычнай перадачы (ЛЭП), якія знаходзяцца недалёка, або лініі энергасілкавання, якія праляжаны на працягу ўсёй даўжыні пралягання трубапровода.

У цяперашні час чалавецтва актыўна выкарыстоўвае альтэрнатыўныя крыніцы сілкавання, такія як энергія Сонца або ветру.

Гэта дае магчымасці для пераводу СКА на тэрыторыі Беларусі (а таксама ў краінах СНД) на частковае ці поўнае энергасілкаванне ад энергіі Сонца з дапамогай фотаэлектрычных пераўтваральнікаў. Такі перавод дазволіць значна зменшыць страты на электраэнергію. Іменна па гэтай прычыне узнікае неабходнасць у праектаванні сістэмы «фотаэлектрычны пераўтваральнік – СКА».

Фотаэлектрычны пераўтваральнік (ФЭП) – электронная прылада, асновай якой з'яўляецца паўправадніковы фотаэлемент (ці фотадыёд, ці фотатранзістар), і, якая выкарыстоўваецца для пераўтварэння сонечнай энергіі ў электрычную. Электронная сістэма, якая атрымлівае сілкаванне з дапамогай хаця б аднаго ФЭП называецца фотаэлектрычнай.

Існуе некалькі тыпаў ФЭП, кожны з якіх мае як свае перавагі, так і недахопы: фотадыёд, фотатранзістар і фотаэлемент.

Фотадыёд – паўправадніковы кампанент, які пераўтварае святло, што патрапіла на фотаадчувальную вобласць, у электрычны сігнал. Агульныя перавагі – высокая хуткасць працы, нізкае энергаспажыванне і гнуткасць выкарыстання. Галоўны недахоп – даволі высокая тэмпературная адчувальнасць.

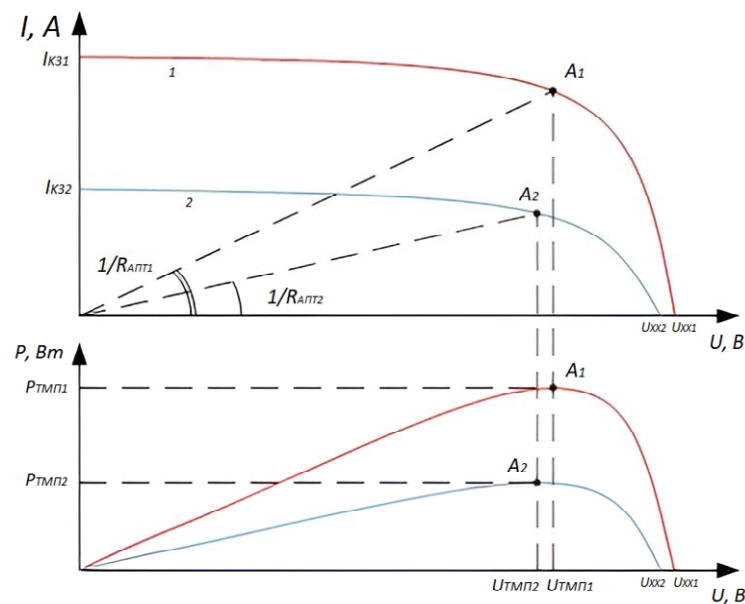
Фотатранзістар – оптаэлектронны паўправадніковы кампанент, асноўнае адрозненне якой ад фотадыёда заключаецца ў тым, што выхадны сігнал узмацняецца ў пэўную колькасць разоў.

Біпалярны фотатранзістар – паўправадніковая прылада з дзвума *p-n*-пераходамі і трыма сляямі паўправадніка, якая з'яўляецца аналагам звычайнага біпалярнага транзістара. У адрозненне ад яго, сігнал на базу паступае, дзякуючы фотаэфекту. Для фотатранзістара характэрная большая адчувальнасць, чым у фотадыёдаў і даволі шырокі дыяпазон працоўных частот.

Фотаэлемент – самастойная электронная прылада, якая можа пераўтвараць святло ў электрычны сігнал. З'яўляецца разнавіднасцю фотаэлектрычнай прылады, якая замяняе свае характарыстыкі (такія, як сіла тока, напружанне ці супраціўленне) пад уздзеяннем святла.

У аснове фотаэлектрычнага прыёмніка ляжыць выкарыстанне матэрыялаў, якія змяняюць свае характарыстыкі пад уздзеяннем светлавога патока. Мае высокую дакладнасць вымярэння і вялікі каэфіцыент карыснага дзеяння.

Асноўныя параметры ФЭП вызначаюцца праз вольт-амперную характарыстыку (ВАХ). Менавіта па ёй (мал. 1), можна вызначыць магутнасць на нагрузку  $P_H$ , а таксама яе залежнасць ад напружвання. Тыповы ФЭП мае нелінейную ВАХ; яна залежыць як ад магутнасці сонечнага выпраменьвання  $W$ , так і ад тэмпературы  $T$  на *p-n*-пераходзе фотаэлемента. Такая залежнасць натуральна прыводзіць к таму, што выдаваемая магутнасць ФЭП будзе на працягу дня пастаянна змяняцца (напрыклад, па прычыне змены надвор'я); на мал. 1 гэта адлюстроўваецца цераз пункты  $A_1$  і  $A_2$  максімальнай магутнасці  $P_{ТМП1}$  і  $P_{ТМП2}$  адпаведна, якому там жа адпавядаюць вуглы аптымальнай нагрузкі  $1/R_{АПТ1}$  і  $1/R_{АПТ2}$ . Пункт ВАХ, дзе магутнасць на нагрузку будзе максімальнай, называецца пунктам максімальнай магутнасці (ПММ).



Мал. 1. ВАХ тыповага ФЭП пры розных токах кароткага замыкання (КЗ):  
 $A_1$  і  $A_2$  – ПММ для токаў  $K_{31}$  і  $K_{32}$  адпаведна

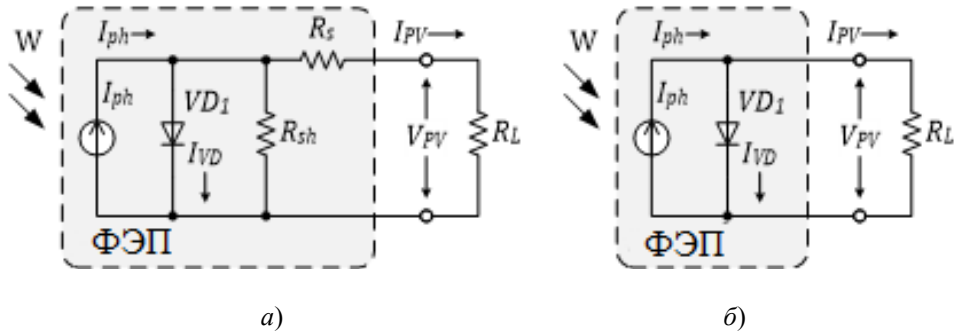
Для максімальна эфектыўнага выкарыстання ФЭП неабходна, каб змянялася і аптымальная нагрузка РАПТ. Па гэтай прычыне у СКА, якая будзе выкарыстоўваць ФЭП, неабходна дадаць сістэму кантролю за ПММ. Асноўнай яе функцыяй павінны стаць кантроль за змяненнем ПММ ад знешніх прычын (змяненне магутнасці сонечнага выпраменьвання і тэмпературы навакольнага асяроддзя) і адпаведным змяненнем аптымальнай нагрузкі. Па сутнасці, яна павінна пастаянна набліжаць пункт фактычнай магутнасці (ПФМ) к ПММ.

Ужыванне СКПММ, якая працуе па вызначаным загадзя алгарытме, можа істотна павялічыць эфектыўнасць выкарыстання ФЭП, што вельмі важна, улічваючы ягоны невялікі каэфіцыент карыснага дзеяння. Яшчэ больш важнай СКПММ робіцца тады, калі ФЭП з'яўляецца часткай партатыўнай і/ці аўтаномнай прылады. Фотаэлектрычны элемент ФЭП мае абмежаваную плошчу паверхні і вельмі часта не аптымальна арыентаецца да знаходжання Сонца на нябеснай сферы, што прыводзіць да неістотнага павелічэння магутнасці ФЭП.

Пры праектаванні СКПММ, па-першае, неабходна прааналізаваць надвор'е мясцовасці, дзе сістэма будзе працаваць. Акрамя таго, неабходна стварыць матэматычную мадэль ВАХ ФЭП, якая дазволіць максімальна эфектыўна выкарыстоўваць СКПММ. Кажучы пра СКА, высокаэфектыўны ФЭП будзе даваць ёй максімальны час працы. Часта у тэхнічнай літаратуры даецца апісанне ВАХ для канкрэтнага тыпа ФЭП, што ва ўмовах Беларусі не заўсёды падыходзіць карыстальнікам, бо з-за розных прычын купіць менавіта гэты тып ФЭП можа быць праблематычна. Па гэтай прычыне важнейшай задачай пры распрацоўцы ФЭП для СКА з'яўляецца стварэнне ўніверсальнага алгарытму пабудовы яго ВАХ.

Асноўнай крыніцай сілкавання СКА інвертарнага тыпа выбярэм ФЭП, які будзе складацца з фотаэлемента і ідэальнага дыёда. Эквівалентная схема такой фотаэлектрычнай сістэмы, паказаная на мал. 2, будзе ўключаць у сабе фотаэлемент, ідэальны дыёд  $VD_1$  і супраціўленне на нагрузцы  $R_H$  (пад якім разумеецца ўся нагрузка СКА).

Трэба заўважыць, што гэтая схема рэальнага ФЭП не ўтрымлівае паразітных параметраў, да якіх адносіцца, напрыклад, паслядоўнае супраціўленне  $R_s$ . Дзякуючы такой прастаце, будзе не цяжка разлічыць матэматычную мадэль ВАХ ФЭП: для гэтага будзе дастаткова разлічыць матэматычную мадэль фотаэлемента і ідэальнага дыёда, якая дакладна будзе апісваць іх падводзіны пры змяненні тэмпературы і магутнасці сонечнага выпраменьвання. Пры гэтым неабходна будзе ўлічыць тып падключэння электронных кампанентаў, які можа быць паслядоўным ці паралельным.



Мал. 2. Эквівалентная схема ФЭП:  
 а – з улікам паразітных параметраў; б – спрошчаная

Трэба заўважыць, што ток кароткага замыкання фотаэлектрычнага модуля залежыць толькі ад колькасці паралельна ўключаных ФЭП і ад плошчы самых ФЭП.

Іншы гранічны рэжым – рэжым халастога ходу, калі нагрузка набліжаецца к бясконцым значэнні  $RL = \infty$ , увесь ток будзе працякаць толькі праз  $p-n$ -пераход фотаэлемента ( $I_{ph} = I_{VD}$ ), а падзенне напружання будзе раўняцца напружанні на адкрытым  $p-n$ -пераходзе  $U_{xx}$ . Улічваючы, што большасць ФЭП, пабудаваныя з мона-, ці полікрысталічнага крэмнія, то  $U_{xx} \approx 0,6$  В для аднаго фотаэлемента. Пры паслядоўным злучэнні некалькі фотаэлементаў, агульнае напружанне ў модулі знаходзіцца як множанне колькасці ФЭП на  $U_{xx}$  аднаго фотаэлемента:

$$U_{xx}^{AG} = U_{xx}^{ФЭП} n_F, \text{ В}, \tag{1}$$

дзе  $n_F$  – колькасць паслядоўна ўключаных фотаэлементаў у сетку, а  $U_{xx}^{ФЭП} \approx 0,6$  В для аднаго фотаэлемента.