

РОЗДІЛ VI. ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.311

В.І. Скоробогатова, д-р техн. наук, професор**Б.В. Ободовський**, аспірант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРА СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Виконано аналіз залежності технологічних витрат електроенергії від структури діючої електричної мережі. Запропоновано метод розрахунку технологічних витрат електроенергії, який враховує тривалість перебування діючої електричної мережі в окремому режимі роботи.

Выполнен анализ зависимости технологических потерь электроэнергии от структуры действующей электрической сети. Предложен метод расчета технологических потерь электроэнергии, учитывающий продолжительность пребывания действующей электрической сети в отдельном режиме работы.

The analysis of the dependence of technological losses of electricity from the structure of existing electrical network was made. A method for the calculation of technical losses of electricity, taking into account the duration of the stay of the existing electrical network in a single mode was proposed.

Постановка проблеми. В умовах постійного дорожчання енергоносіїв в Україні питання ефективного використання потенціалу діючих електричних мереж (ЕМ) є пріоритетним. Одним з основних критеріїв оцінки ефективності роботи діючих ЕМ є величина технологічних витрат електроенергії (ТВЕ) в них, яка залежить від багатьох факторів. Одним із найважливіших факторів, які впливають на величину ТВЕ, є структура ЕМ, відтак питання аналізу залежності величини ТВЕ від структури діючої ЕМ є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою розрахунку ТВЕ в ЕМ займається багато українських і закордонних учених, таких як: Дерзський В.Г., Железко Ю.С., Салліван Р.Л., Сафарян В., Усов І.Ю. та інші. Праці цих авторів присвячені аналізу причин виникнення ТВЕ в розподільчих ЕМ напругою 10-0,4 кВ та розробці технічних і організаційних заходів щодо зниження величини ТВЕ. Проте серед учених проблема залежності величини ТВЕ в діючих ЕМ від структури ЕМ мало досліджена.

Постановка завдання. Аналіз залежності технологічних витрат електроенергії від структури діючої електричної мережі напругою 10/0,4 кВ. Врахування під час розрахунку технологічних витрат електроенергії тривалості перебування діючої електричної мережі в окремому режимі роботи.

Викладення основного матеріалу. На сьогодні для розрахунку ТВЕ в ЕМ використовуються різні методи та підходи, які використовують у процесі розрахунку різноманітні математичні моделі і прийоми та різні початкові умови розрахунку, у тому числі параметри режиму роботи ЕМ [1; 2]. Аналіз цих методів показує, що більшість існуючих методів розрахунку використовують для розрахунків заздалегідь визначені параметри режиму роботи ЕМ, які мають бути задані до початку розрахунків. Насправді ж параметри режиму роботи ЕМ змінюються у часі за випадковими законами і залежать від структури ЕМ в окремо взятий момент часу. У більшості випадків параметри режиму для розрахунку ТВЕ у ЕМ визначаються шляхом оцінювання інформації про параметри режиму роботи ЕМ для певної її структури, тим самим у результати розрахунку вноситься значна методична похибка, яка може суттєво спотворювати дані про розподіл витрат електроенергії в ЕМ, що розраховується. Більш того, такий підхід до розрахунку ТВЕ є недоцільним відносно ЕМ, у яких може змінюватися структура, а відтак і параметри режиму роботи. Метою цієї роботи є дослідження впливу структури ЕМ на параметри режиму роботи ЕМ, а відтак і на величину ТВЕ в цій ЕМ.

Сьогодні для моделювання електричної мережі використовуються різні математичні методи, однак одним з найбільш поширених є метод моделювання ЕМ з використанням

теорії графів. Особливістю такого методу є те, що електрична мережа моделюється у вигляді графу, що складається з m вузлів та n віток, а розрахунок параметрів режиму ведеться шляхом розв'язання нелінійних рівнянь [3; 4]. У той же час цей метод має кілька суттєвих недоліків, таких як: надлишковість змінних під час використання ненаправленого графу пасивної схеми ЕМ, не відображення на граф-схемі елементів схеми, рівних нулю [5]. Останній недолік є суттєвим у випадку розрахунку параметрів режиму ЕМ, структура якої може змінюватися, тому для розрахунку параметрів режиму ЕМ більш доцільним є використання методу моделювання ЕМ з використанням теорії графів та розрахунок параметрів режиму роботи ЕМ з використанням методу Ньютонa для системи нелінійних рівнянь [6; 7].

Дослідження впливу структури ЕМ на величину ТВЕ проводилося на прикладі діючих розподільчих ЕМ напругою 10/0,4 кВ, оскільки в діючих ЕМ напругою 10/0,4 кВ здійснюється значно більше оперативних перемикачів, ніж в ЕМ інших класів напруги, відповідно і структура таких ЕМ змінюється частіше.

Об'єкт дослідження – ділянка ЕМ напругою 10/0,4 кВ, структура якої може змінюватися в процесі роботи відповідно до режимів роботи I і II.

Зміна структури досліджуваної ділянки наочно продемонстрована шляхом порівняння однолінійної структурної схеми досліджуваної ділянки у режимі роботи I (рис. 1) та однолінійної структурної схеми досліджуваної ділянки у режимі роботи II (рис. 2).

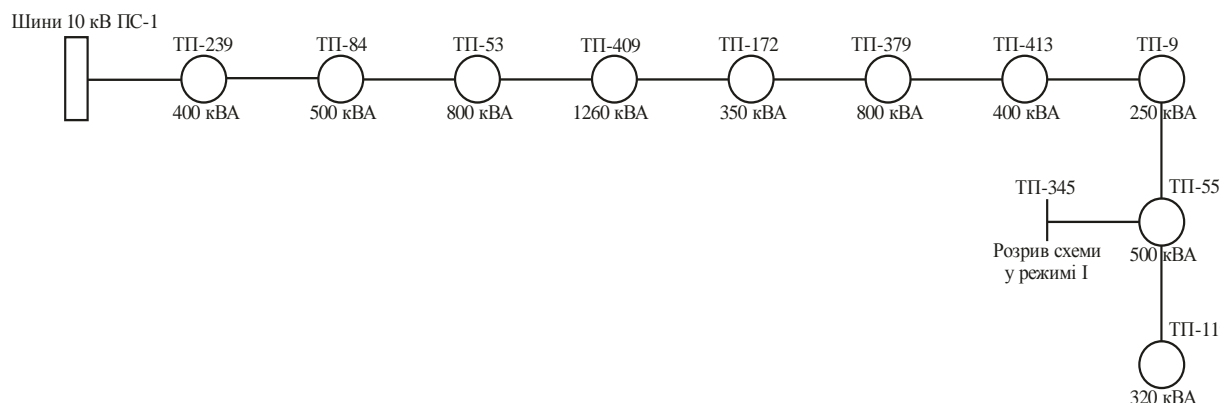


Рис. 1. Однолінійна структурна схема досліджуваної ділянки у режимі роботи I

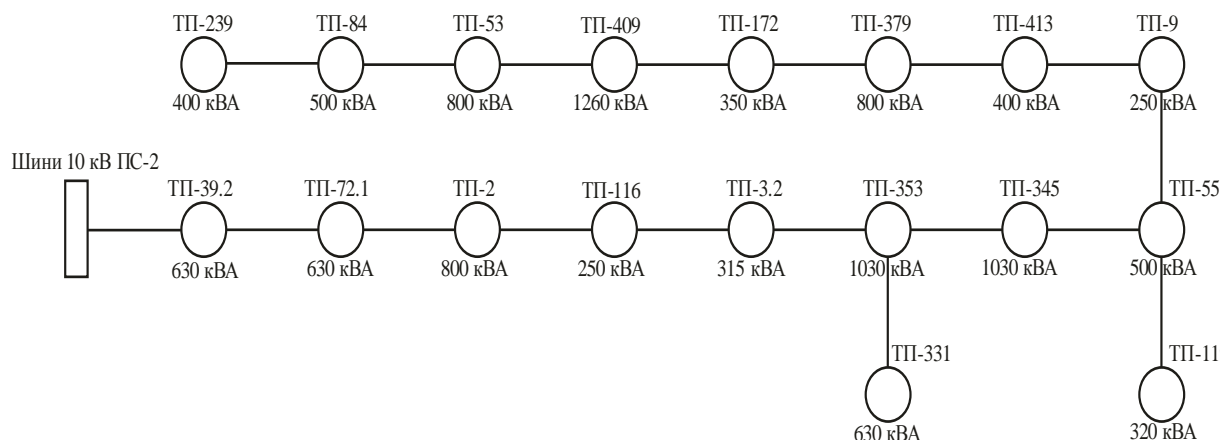


Рис. 2. Однолінійна структурна схема досліджуваної ділянки у режимі роботи II

Час роботи досліджуваної ділянки у режимах роботи I і II протягом 2010 року представлений у таблиці 1.

Таблиця 1

Час роботи досліджуваної ділянки у режимах роботи I і II протягом 2010 року

Місяць	Загальний час роботи	Час роботи у режимі I		Час роботи у режимі II	
	годин	годин	%	годин	%
Січень	744	744,00	100,00	0,00	0,00
Лютий	672	672,00	100,00	0,00	0,00
Березень	744	744,00	100,00	0,00	0,00
Квітень	720	720,00	100,00	0,00	0,00
Травень	744	744,00	100,00	0,00	0,00
Червень	720	720,00	100,00	0,00	0,00
Липень	744	744,00	100,00	0,00	0,00
Серпень	744	656,52	88,24	87,48	11,76
Вересень	720	540,32	75,04	179,68	24,96
Жовтень	744	369,65	49,68	374,35	50,32
Листопад	720	0,00	0,00	744,00	100,00
Грудень	744	156,52	21,04	587,48	78,96
Усього за рік:	8760	6811,01	77,75	1972,99	22,25

Розрахунок ТВЕ досліджуваної ділянки виконувався за допомогою методу Ньютона для системи нелінійних рівнянь з урахуванням наступних особливостей рівнянь режиму роботи ЕМ:

– багатовимірність системи нелінійних рівнянь для діючої ЕМ з можливістю зміни структури мережі;

– високий ступінь нелінійності рівнянь зумовлений нелінійним характером залежностей параметрів режиму роботи ЕМ від структури ЕМ;

– недостатня визначеність матриці вузлових провідностей $\det Y \approx 0$, яка виявляється в тому, що навіть при незначній зміні структури ЕМ незначна зміна відомих параметрів режиму роботи ЕМ зумовлює значні зміни параметрів режиму роботи ЕМ, що розраховуються.

З вузлових рівнянь (1), (2) з урахуванням вищесказаного матимемо рівняння (3):

$$Y \cdot U_{\Delta} = J_Y, \quad (1)$$

$$U_{\Delta} = Y^{-1} \cdot J_Y, \quad (2)$$

$$Y^{-1} = \frac{1}{\det Y} [A_{iJ_Y}], \quad (3)$$

де Y – матриця провідностей віток графу; U_{Δ} – матриця падінь напруги у вузлах графу відносно базисного вузла; J_Y – матриця струмів, що протікають у вітках графу; $[A_{iJ_Y}]$ – матриця-доповнення до матриці Y , яка складається з алгебраїчних доповнень елементів вихідної матриці Y .

У випадку зміни структури ЕМ, коли $\det Y \approx 0$, значення елементів матриці Y^{-1} у формулі (3) будуть сильно змінюватися навіть при незначних змінах елементів матриці Y , відповідно значення падіння напруги та втрат потужності у елементах ЕМ, отримані з рівняння (2), також суттєво зміняться. Тобто має місце вплив структури ЕМ на параметри режиму роботи ЕМ, а значить і на величину ТВЕ.

У таблиці 2 наведено розраховані за вищенаведеним принципом значення ТВЕ для режимів роботи I і II досліджуваної ділянки за місяцями 2010 року.

Таблиця 2

Розраховані значення ТВЕ досліджуваної ділянки для режимів роботи I і II у 2010 році

Місяць	Результати розрахунку для режиму роботи I				Результати розрахунку для режиму роботи II			
	Час роботи		Втрати електроенергії		Час роботи		Втрати електроенергії	
	год	%	кВт*год	%	год	%	кВт*год	%
Січень	744,00	100,00	55654	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Лютий	672,00	100,00	44652	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Березень	744,00	100,00	38956	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Квітень	720,00	100,00	33648	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Травень	744,00	100,00	27546	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Червень	720,00	100,00	28568	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Липень	744,00	100,00	35521	100,00	0,00	0,00	0	0,00
Серпень	656,52	88,24	28754	84,04	87,48	11,76	5462	15,96
Вересень	540,32	75,04	23568	59,94	179,68	24,96	15753	40,06
Жовтень	369,65	49,68	16521	39,48	374,35	50,32	25324	60,52
Листопад	0,00	0,00	0	0,00	744,00	100,00	51514	100,00
Грудень	156,52	21,04	14755	24,23	587,48	78,96	46147	75,77
Усього:	6811,01	77,75	348143	70,71	1972,99	22,25	144200	29,29

Залежність величини ТВЕ від структури ЕМ наглядно у графічному вигляді показана на рис. 3.

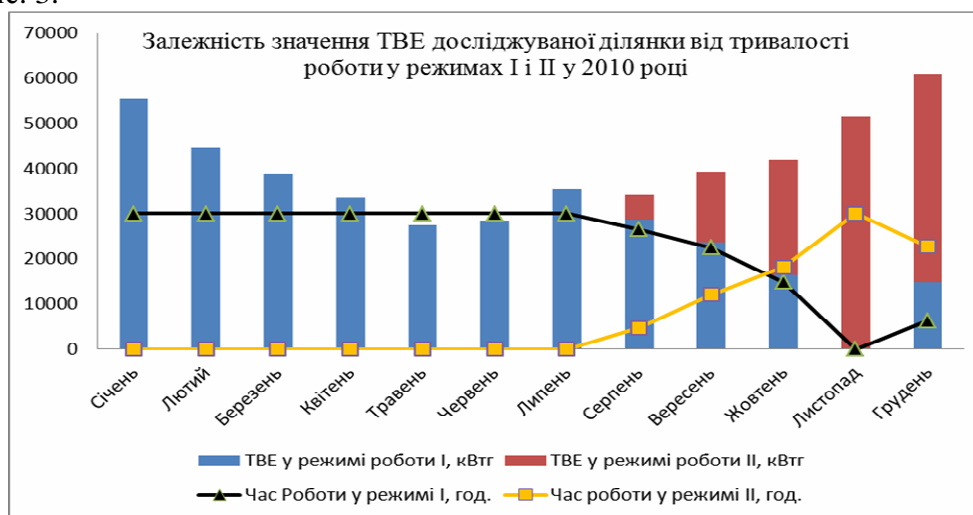


Рис. 3. Графічна ілюстрація залежності значення ТВЕ досліджуваної ділянки від тривалості роботи у режимах I і II у 2010 році

З рис. 3 видно, що величина ТВЕ досліджуваної ділянки залежить від тривалості роботи у тому чи іншому режимі, тобто підтверджується твердження про те, що має місце вплив структури ЕМ на параметри режиму роботи ЕМ, а значить і на величину ТВЕ.

Висновки. Виконано аналіз впливу структури ЕМ на величину ТВЕ в діючих ЕМ напругою 10/0,4 кВ. Виявлено залежність величини ТВЕ від параметрів режиму роботи ЕМ, які, у свою чергу, залежать від структури ЕМ. Цей факт слід враховувати під час розрахунків ТВЕ у ЕМ, структура яких може змінюватися впродовж розрахункового періоду, а також під час вибору інтервалу осереднення інформації.

Запропоновано метод для розрахунку параметрів режиму діючої ЕМ, залежних від структури ЕМ, який враховує тривалість перебування діючої електричної мережі в окремому режимі роботи.

Список використаних джерел

1. Железко Ю. С. Расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю. С. Железко, А. В. Артемьев, О. В. Савченко. – М.: Изд. НЦ ЭНАС, 2005. – 278 с.

2. Фурсанов М. И. Методология и практика расчётов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. – Минск: Технология, 2001. – 247 с.
3. Бурков В. Н. Прикладные задачи теории графов / В. Н. Бурков, И. А. Георгидзе, С. Е. Ловецкий. – Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 234 с.
4. Робишо Л. Направленные графы и их приложение к электрическим цепям и машинам / Л. Робишо, М. Буавер, М. Робер. – М.; Л.: Энергия, 1964. – 248 с.
5. Lin P. M. Symbolic network analysis. – Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo: Elsevier, 1991. – 319 p.
6. Вержбицкий В. М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные уравнения / В. М. Вержбицкий. – М.: Высшая школа, 2000. – 266 с.
7. Дудкевич А. Т. Практична реалізація методів розв'язання нелінійних рівнянь і систем: навч.-метод. посіб. / А. Т. Дудкевич, С. М. Левицька, С. М. Шахно. – Львів, 2007. – 78 с.

УДК 621.316.1.017

В.В. Зорин, д-р техн. наук

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

Р.А. Буйный, канд. техн. наук,

А.В. Красножон, канд. техн. наук

Черниговский государственный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПО РЯДУ КРИТЕРИЕВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрено возможные пути повышения пропускной способности линий электропередачи и определена их эффективность по условиям нагрева, режима напряжения, снижению потерь мощности и надежности.

С ростом электрических нагрузок и присоединением новых потребителей электрической энергии параметры электрической сети и соответственно параметры режимов должны периодически изменяться для повышения пропускной способности. Эти изменения должны выполняться таким образом, чтобы в пределах рассматриваемого периода обеспечить наиболее эффективное использование денежных средств, материалов и трудовых ресурсов. Снижение технологического расхода электроэнергии на ее транспорт в линиях электропередач (ЛЭП) и в трансформаторах подстанций (ТП) является частью общей задачи повышения экономичности работы электрической сети и энергосистемы в целом. Следует стремиться на протяжении всего срока эксплуатации оборудования электрической сети поддерживать экономически оправданные режимы.

Обычно при решении задач повышения пропускной способности сети рассматривают две группы мероприятий. Первая – организационные мероприятия, как правило, беззатратные или малозатратные мероприятия эксплуатационного характера. И вторая группа – это технические мероприятия, для реализации которых требуются дополнительные капиталовложения. Естественно, в первую очередь, должны быть использованы организационные мероприятия, и в случае необходимости – технические.

К техническим мероприятиям по повышению эффективности режимов распределительных электрических сетей могут быть отнесены следующие [1; 2]:

1. Установка и ввод в работу устройств компенсации реактивной мощности в сети 0,38 кВ и 6-10 кВ. Компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторных батарей поперечного включения является комплексным, высокоэффективным средством повышения качества электроснабжения, решая задачи энергосбережения, качества электрической энергии, надежности.
2. Использование установок продольной емкостной компенсации, включаемые в рассечку ЛЭП. Применение продольной емкостной компенсации позволяет существенно повысить пропускную способность сети по режиму напряжения. Особенно эффективны такие установки в воздушных ЛЭП и при значительных колебаниях напряжения.