

II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 620. 9 : 65. 012

И. Г. Ширнин, В. А. Палкин

Атомная электроэнергетика в мире и Украине

Анализируются состояние, перспективы развития в мире и Украине атомной энергетики на период до 2030 года. Сделаны выводы о жизнеспособности и перспективности атомной энергетики в большинстве стран.

27 июня 1954 года в г. Обнинске Калужской области была пущена первая в мире атомная электростанция. За почти пять с лишним десятилетий, прошедших за это время, атомная энергетика прочно вошла в жизнь человечества и превратилась в одну из ведущих отраслей мирового хозяйства. Особенно приоритетной атомная энергетика является для Украины, у которой установленная мощность всех электростанций составляет 48416 МВт, из них доля АЭС составляет 24,4 %, а конкретно Запорожской АЭС – 12,4 % (50,7 % от всех украинских АЭС) [1]. Атомная энергетика не создаёт парниковый эффект, при работе АЭС не выделяется двуокись углерода в атмосферу. Этот эффект проявляется в атмосфере Земли как результат сжигания в огромных количествах углеродсодержащего топлива и требует ограничения на его использование (согласно международного соглашения – Киотского протокола, подписанного и Украиной).

Но после Чернобыльской катастрофы в Западной Европе практически прекратилось строительство АЭС, кроме Франции, и в образовавшуюся энергетическую нишу хлынул мощным потоком российский природный газ, который стал доминирующим энергоносителем в странах Европейского Союза (а это сейчас 25 стран Европы). Импорт его составляет около 48 %, а в 2030 году ожидается 65 %, как сообщил министр промышленности и энергетики России Виктор Христенко. Поэтому Евросоюз с населением 16 % (от общих 6,5 млрд. человек в мире) является одним из главных загрязнителей мировой атмосферы (26 %).

Прогнозируется постепенное возрастание количества ядерной электроэнергии в мире. Так, Россия, имеющая сейчас 10 АЭС, поставила задачу довести выработку электроэнергии с помощью АЭС до 20 % (вместо 13 % в настоящее время).

Кабинетом Министров Украины в апреле 2006 года принята «Энергетическая стратегия Украины до 2030 года», в которой предусматривается построить с 2010 по 2030 годы 20 новых энергоблоков мощностью 1–1,5 Гига Вт (сегодня действует 15 блоков мощностью 0,4–1 Гига Вт). Затраты на модернизацию составят 250 млрд. грн., а производство и продажа уранового концентрата должны покрыть потребности атомной отрасли с учётом действующих сейчас 15 энергоблоков. Но Украина всё равно остаётся энергозависимой, так как у неё нет ни одного завода по производству топливных сборок из уранового концентрата.

Сейчас в 31 стране работают 440 атомных реакторов, а 15 держав заявили о расширении своих атомных мощностей. По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), до 2030 года в мире на развитие атомной энергетики будет израсходовано более 200 млрд. долларов, а по данным МАГАТЭ к 2020 году на долю атомной энергии будет приходиться 17 % производимой в мире электроэнергии. Россия намерена в течение 15 лет увеличить мощность АЭС в 2,5 раза. Южная Корея и Китай собираются построить по восемь новых реакторов, а Япония – 12. По такому же пути пошла и Украина – к 15 энергоблокам предполагается прибавить ещё 20 за четверть века на базе российских реакторов ВВЭР. Но не все государства развивают атомную энергетику: Германия, Швеция занимают выжидательную позицию, а Австралия вообще отказывается от неё. 15 держав мира: США, Великобритания, Франция, Швейцария, Испания, Голландия, Финляндия, Россия, Польша, Латвия, Беларусь, Египет, Япония, Вьетнам, Южная Корея и Китай, – будут и впредь развивать атомную энергетику.

Известно [2], что продолжительность жизни людей зависит от уровня потребления энергии на душу населения, а также составляет основу улучшения качества жизни человека. Страны третьего мира и страны с переходной экономикой (составляющие 80 % населения Земли) потребляют энергии мало и живут плохо, примерно на 10 лет меньше.

По прогнозам ООН, аналитических институтов США и Европейского Союза население мира в ближайшие 50–100 лет возрастёт до 10–12 млрд. человек, или примерно – вдвое, что приведёт к увеличению потребления энергии не менее, чем в три раза. В настоящее время 64 % электроэнергии производится за счёт сжигания угля, нефти и газа. Нефть, газ и уголь занимают около 80 % в общем производстве энергии, а технологии производства энергии связаны с интенсивным расходом кислорода и появлением парникового газа CO₂. Стабильность содержания кислорода в атмосфере находится под угрозой, а выбросы в атмосферу за счёт деятельности человека составляют около 25 % общих выбросов за счёт вулканов и других природных источников. При увеличении производства энергии традиционными методами количество выбросов CO₂ от природных источников может возрасти до 50 %. Запасы нефти и газа могут быть исчерпаны человеком в течение 50 – максимум 100 лет. Из из-

вестных технологий производства энергии, не связанного с потреблением кислорода, являются следующие: 1) использование энергии рек (гидротехнология); 2) использование энергии ветра (но этот источник не является постоянно действующим и может обеспечить только малые энергетические мощности); 3) использование солнечной энергии (этот источник энергии может использоваться с теми же особенностями, что и ветровая энергетика); 4) атомная энергетика, которая имеет большие перспективы, не потребляет кислород и не производит парниковых газов. Ряд стран: Россия, США, Китай, Индия, Южная Корея, – проявляют большой интерес к развитию атомной энергетике. Например, в России имеются 33 ядерных блока, и доля атомной энергетике составляет 17 %. Россия планирует в ближайшие 5–7 лет увеличить производство электроэнергии на атомных электростанциях в Европейской части России с 30 до 40–50 %. В ближайшие 25 лет в России будет построено 40 новых энергоблоков. Опрос населения Российской Федерации говорит о том, что до 60 % населения страны высказывается за атомную энергетику. Следует отметить, что в России имеются все компоненты атомной энергетике – от научного сопровождения до захоронения отходов ядерного топлива. В Китае планируется увеличить производство электроэнергии за счёт атомной энергетике в шесть раз к 2020 году и ввести 30 новых блоков. В Индии производство электроэнергии на АЭС в ближайшие семь лет увеличится в 10 раз, а к 2050 году – в 100 раз.

В Соединённых Штатах намерены отказаться от нефти и газа для производства электроэнергии и нарастить её мощности за счёт угля и АЭС. В настоящее время в США находятся в эксплуатации 103 энергоблока, а доля атомной энергетике в производстве электроэнергии составляет 20%. К 2010 году в США будет построено ещё 19 ядерных блоков. В США, как и в России, имеются все компоненты атомной энергетике – от научного сопровождения до захоронения отработанного ядерного топлива.

В Южной Корее эксплуатируется 20 ядерных блоков, и доля атомной энергии составляет 40 %. В этой стране имеется производство собственного топлива, завод по переработке отходов, хранилище отходов ядерного топлива. Планируется к 2027 году увеличить число блоков до 28 штук.

Итак, в мире сейчас работают 440 блоков, из них 103 – в США, 151 – в странах ЕС, 28 – в Южной Корее, Канаде, Китае, Индии и Румынии. Основными поставщиками урана в мире являются Канада, Австралия, Казахстан. В России, США, Англии, Франции и Китае имеются также запасы оружейного урана и плутония, но уже сейчас производство урана отстаёт от потребностей атомной промышленности примерно на 40–45 %. Это ведёт к росту цен на природный уран с 26,5 доллара за 1 кг урана (2003 год) до 85,8 доллара (2005 год). В марте 2006 года цены на обогащённый уран на мировом рынке достигли 104 доллара за 1 кг уранового концентрата [3]. В области физики и техники атомных реакторов (в том числе на быстрых нейтронах) Россия опережает США, Францию, Германию, Англию, Японию, Индию и Украину. Последняя может и должна принимать участие в международной кооперации

по атомной энергетике. В Украине успешно работает Национальная энергогенерирующая компания «Энергоатом», которая в 2005 году отпускала электроэнергию по стоимости 7,14 коп. за кВт·ч. Себестоимость же энергии составляет 5,03 коп. за кВт·ч. Отметим также, что на ТЭС себестоимость электроэнергии составляет 10 коп. за кВт·ч [4].

Государственное предприятие «Национальная энергогенерирующая компания Энергоатом» объединяет все четыре действующие в настоящее время украинские атомные электростанции: Запорожскую, Ровенскую, Южно-Украинскую и Хмельницкую. Запорожская – самая мощная АЭС Старого Света (её мощность составляет 6000 МВт). Пятую электростанцию – Чернобыльскую АЭС Украина вынуждена была под давлением Запада закрыть пять лет назад и при этом потеряла 21 млрд. кВт·ч электроэнергии в год из вырабатываемых на атомных станциях 70 млрд. кВт·ч. Всего же в Украине производится 150 млрд. кВт·ч всеми электростанциями. Кстати, себестоимость электроэнергии на реакторах Чернобыльской АЭС типа РБМК была намного ниже, чем сейчас на реакторах ВВЭР – 1000.

XXI век – это век атомной энергетике. Многие страны строят атомные станции: Иран, Китай, Корея, страны Южной Америки и другие, поскольку это – крупный бизнес. Что касается ядерного топлива, то оно имеет три основных составляющих: цирконий, нержавеющая сталь и твёрдый уран. В Украине все три составляющих для атомной энергетике есть в наличии. Цирконием мы снабжаем ряд иностранных потребителей. Разведанных запасов урана хватит на 100 – 120 лет для работы 20 реакторов (а их 15 – в Украине). Нержавеющая сталь востребована во всём мире, и Украина её поставляет. Самое сложное – это изготовление циркониевых трубочек, куда набиваются таблетки урана. Технология их изготовления разработана и освоена Днепропетровским трубным НИИ и Никопольским трубным заводом. Сейчас это производство освоено и в России.

После того, как на военные нужды стали меньше потреблять плутония и урана, освободились системы обогащения этих компонентов в России, США, Франции. Эти страны конкурируют между собой. Поскольку атомная технология является очень сложной и опасной, Украина никогда не настаивала на полном замкнутом цикле обогащения урана, и в поставке ядерного топлива она зависит от России или США в зависимости от цены продукта.

Недавно опубликована Энергетическая стратегия Украины до 2030 года, которая предусматривает снижение энергозависимости от других стран в пять раз, увеличение в три раза производства электроэнергии за счёт собственных источников и повышение в 2,2 раза эффективности использования энергоресурсов. В Украине принимались проекты энергетической стратегии не единожды: до 2005 года, до 2010 года, до 2020 года, теперь – до 2030 года, но, к сожалению, парламент их не утверждал из-за отсутствия средств.

Существованию отечественной атомной энергетике угрожают три фактора. Во-первых, с 2010 по 2020 годы надо будет останавливать все блоки, кроме двух, которые запустили последними. А Украина не имеет по сей день ни технологии продления срока эксплу-

атации выработавших свой ресурс реакторов, ни оборудования, ни опыта. Вторая угроза существованию атомной энергетики в Украине состоит в отсутствии своего ядерного топлива. И третья – некому осуществлять собственное постоянное научно-исследовательское сопровождение, так как в Украине нет специализированных институтов разного профиля, существовавших ранее.

Говоря об атомной энергетике, нельзя обойти и вопрос хранения украинского отработанного топлива. Россия может отказаться его принимать. Специалисты считают, что вывозить золото, которым является отработанное ядерное топливо, за границу (а именно в Россию), да ещё и платить за это, является преступлением. Запорожская АЭС, на которой предусмотрено хранилище сухого ядерного топлива и сегодня работают шесть блоков из 15 эксплуатируемых в Украине, отработанное топливо в Россию не вывозит. По расчётам ядерщиков, 50 лет – это временное хранение, после чего надо построить постоянное хранилище и организовать переработку этого топлива для новых реакторов. С учётом этого длительного цикла наших запасов урана хватит не на 120 лет, как мы отметили, а на тысячу с лишним лет. Наша общественность должна понять, что ХХI век – это век атомной энергетики. Например, Швеция обещала закрыть свои атомные станции, но не закрыла ни одной. США к 2050 году хотят довести число атомных станций с ныне действующих 103 до 300. А в Германии не закрыли ни одной АЭС, хотя тоже заявили об этом [5].

Украина занимает шестое место в мире по разведанным запасам урана. При этом добывается и производится цирконий, выплавляются конструкционные стали, создано мощное производство труб, развивается радиационная физика и средства радиационного контроля. Однако, атомные реакторы не соответствуют требованиям гарантированной безопасности, а радиоактивные отходы – требованиям экологической чистоты. В 2005 году 15 украинских ядерных реакторов произвели 88,8 млрд. кВт·ч электроэнергии, а в 2030 году этот объём должен увеличиться до 219 млрд. кВт·ч за счёт продления срока эксплуатации существующих ядерных блоков, который истекает в 2010 году. Планируется также построить 11–13 реакторов российского типа и заменить 9 существующих блоков. По данным авторитетного киевского института имени Разумкова, доля ядерной энергетики в производстве энергии возрастет с 48 до 52 %.

Ставка в первую очередь делается на использование российских атомных технологий. Президент В.А. Ющенко в середине января 2006 года объявил о возобновлении Украиной обогащения урана. Вблизи Новокозантиновска находится самое большое в Европе урановое месторождение, а потому вместо того, чтобы ввозить 70 % урана из России, планируется употреблять собственное сырьё. Урановой столицей Украины считается город Жёлтые Воды Днепропетровской области. Переработкой урановой руды и урана занимается Приднепровский химический завод в г. Днепропетровске. В этом же городе находится государственное предприятие (ГП) «Барьер», на балансе которого находятся переполненные хвостохранилища – отходы урановых производств Приднепровского химического завода. Урановые шахты объединены в предприятие ВостГОК (Восточный

горнообогатительный комбинат). Руководство ВостГОКа считает, что на рентабельную добычу предприятие выходит при стоимости концентрата урана в 40 долларов за 1 кг. И, несмотря на глубокие истощённые шахты, добыча урана стала рентабельной [3]. При ценах обогащённого урана в 104 доллара за 1 кг уранового концентрата становится рентабельной очень дорогая добыча в глубоких шахтах в г. Жёлтые Воды. По данным того же института имени Разумкова, почти 40 % украинцев считают атомную энергетику оптимальным путём уменьшения зависимости от России, а 57 % украинцев высказались против строительства новых ядерных блоков [6].

Атомная энергетика представлена реакторами российского производства на Запорожской, Хмельницкой, Южно-Украинской, Ровенской АЭС, а также закрытой ЧАЭС. Специалисты утверждают, что атомная энергия представляет собой самый дешёвый вид энергии в Украине – 2,4 цента за 1 кВт·ч. С другой стороны, эксперты Национальной комиссии радиационной защиты утверждают, что использование ядерной энергии добыча и переработка урановых руд на территории Украины привели к тому, что уже сегодня накоплено около 130 млн. куб. м радиоактивных отходов и стоимость обращения с ними составляет более 60 трлн. долларов. Кроме того, возникает зависимость украинских АЭС от российского топлива и оборудования, поскольку в Российской Федерации расположены основные мощности по производству ядерного топлива и составных частей оборудования. Есть они и в Украине, но это даёт незначительное снижение цены при покупке топливных кассет. Как и раньше, Украина получает свежее и отправляет отработанное ядерное топливо в Россию по железной дороге через украинские населённые пункты, что представляет угрозу для здоровья и жизни местных жителей.

Следует отметить, что предлагаемые для строительства согласно «Энергетической стратегии Украины...» 20 новых атомных блоков, с помощью которых планируется обеспечить страну энергией, могут привести к дальнейшему экономическому и экологическому кризису. Так, например, на Хмельницкой АЭС постоянно проводится забор воды из главной водной артерии региона – реки Горыни, так как это не безопасно.

Концепция «неатомного» пути развития создана независимыми общественными организациями Украины как альтернатива атомному сценарию. Желание улучшить состояние окружающей среды заставляет также многие страны стремиться внедрять экологически чистые технологии. Это касается ветроэнергетической индустрии, которая сегодня занимает значительную часть энергетического рынка.

Если говорить об Украине, то анализ результатов многолетних наблюдений более, чем на 200 метеорологических станций, свидетельствуют о том, что есть хорошие перспективы использования ветровой энергии. Сегодня общая мощность ветровых электрических станций в Украине оценивается в 16000 МВт с возможностью ежегодной выработки 30 млрд. кВт·ч, а суммарная мощность действующих ветровых установок приближается к 30 МВт.

Таким образом, деньги стоит вкладывать также в эффективное развитие альтернативной энергетики:

энергии ветра, солнца, малой гидроэнергетики, энергии биомассы, – что позволит сохранить мощь государства и обеспечить безопасность окружающей среды [7].

Украина производит электроэнергию больше, чем потребляет в настоящее время, и имеет реальную возможность её экспорта (см. табл.1).

Таблица 1 – Структура экспорта украинской электроэнергии, млн. кВт·ч

Страны	Январь – май 2005г.	Январь – май 2006г.	Изменения велич.; %	2006г. (план)
Венгрия	1359,1	1491,3	132,2; 9,7	3991,8
Беларусь	0,0	891,6	891,6 ; –	2499,9
Польша	379,1	365,1	–14,0; –3,7	1200,0
Молдова	251,4	822,2	570,8; 227,0	1500,0
Словакия	100,6	228,6	128,0; 127,2	680,0
Румыния	41,7	22,5	–19,2; –46,0	180,0
Россия	2330,8	0,0	–2330,8; –	–

Украина в январе – мае 2006 года экспортировала 3,821 млрд. кВт·ч электроэнергии – на 14,4 % (на 641,4 млн. кВт·ч) меньше, чем за аналогичный период 2005 года. Снижение объёмов связано с прекращением поставок украинской электроэнергии в Россию в июне 2005 года. Украина в январе – мае 2005 года экспортировала в этом направлении 2,331 млрд. кВт·ч электроэнергии. Поставки украинской электроэнергии в Молдову в январе – мае 2006 года возросли в 3,3 раза, в Словакию – в 2,3 раза, в Венгрию – на 9,7 %. Кроме того, Украина в январе – мае 2006 года отправила в Беларусь 891,6 млн. кВт·ч электроэнергии. Между тем экспорт украинской электроэнергии в Польшу за пять месяцев сократился на 3,7 %, в Румынию – на 46 %. Оператором экспорта украинской электроэнергии в Польшу, Венгрию, Словакию, Румынию, Молдову и Беларусь является госпредприятие «Укринтерэнерго», входящее в НАК «Энергетическая компания Украины».

Экспортировать электроэнергию в западные страны можно лишь с так называемого «Бурштынского энергоострова», т. е. – от Бурштынской и Добротвирской ТЭС, входящих в состав энергогенерирующей компании «Западэнерго». Но эта энергия имеет очень высокую себестоимость. Начать же экспорт дешёвой электроэнергии в Западную Европу с украинских АЭС практически невозможно, так как она не имеет европейского качества по частоте сети.

Страны же Восточной Европы допускают использование электроэнергии с частотой на уровне 50 Гц плюс – минус 0,02 Гц. В Украине, к сожалению, были случаи, когда частота падала до критической отметки – 49,2 Гц, т. е. до величины, приводящей к полному развалу энергосистемы. Поэтому такую электроэнергию преобретают только с «Бурштынского энергоострова» несколько стран: Венгрия, Польша и Словакия, – поскольку на «энергоострове» частота электроэнергии не зависит от перепадов частоты в основной энергосистеме Украины. Исключить же колебания частоты в энергосистеме невозможно из-за изношенности оборудования украинских ТЭС и по ряду других причин. Достаточные гидроэнергетические мощности есть у России и, запараллелив систему с Российской Федерацией, оба государства мог-

ли бы регулировать пиковые нагрузки, вытягивая украинскую энергосистему, не имеющую резервных гидроэнергетических мощностей. Без России осуществить этот проект невозможно. Российская энергосистема РАО «ЕЭС России» готовится удовлетворить в скором времени жесткие требования Евросоюза в части частоты сети и без Украины. Чтобы выйти в Европу, необходимо провести модернизацию всей энергосистемы Украины, а для этого нужны денежные средства [7]. Без модернизации энергосистемы Украина может экспортировать свою электроэнергию в Россию и Беларусь. В частности, Украиной подписан с Беларусью контракт на поставку электроэнергии в 2006 году в количестве 2,5 млрд. кВт·ч стоимостью 52 млн. долларов (из расчёта 0,021 доллара за 1 кВт·ч), тогда как до 1-го января 2006 года Беларусь покупала электроэнергию только у России.

Выводы

1. Четвёртая часть установленной мощности всех украинских электрических станций приходится на АЭС.
2. Атомная энергетика не создаёт парниковый эффект, не выделяет двуокись углерода в атмосферу и не требует сжигания вредного для человечества углеродсодержащего топлива.
3. В настоящее время в мире работают 440 атомных реакторов разных типов в 31 стране, а 15 держав мира заявили о расширении своих атомных мощностей. По данным МАГАТЭ, к 2020 году на долю атомной энергии в мире будет приходиться не менее 17 % вырабатываемой электроэнергии.
4. Кабинетом Министров Украины в апреле 2006 года принята «Энергетическая стратегия Украины до 2030 года», в которой предусмотрено построить до 2030 года к имеющимся 15 энергоблокам ещё двадцать новых энергоблоков мощностью 1–1,5 Гига Вт за счёт средств от продажи отечественного уранового концентрата. В России в ближайшие 25 лет будет построено 40 энергоблоков, в Китае – 30 новых блоков к 2020 году, в Японии – 12 энергоблоков через 15 лет, в США – 19 энергоблоков к 2010 году (к находящимся в работе 103 энергоблокам), в Южной Корее – 8 энергоблоков к 2027 году (эксплуатируются 20 блоков и доля атомной энергии в стране составляет 40 %) и т. д.
5. Украина занимает одно из ведущих мест среди электроэнергетических стран мира и вырабатывает всеми электростанциями 150 млрд. кВт·ч электроэнергии, а атомными – порядка 70 млрд. кВт·ч. Она занимает также шестое место в мире по разведанным запасам урана, производству циркония, средств радиационного контроля и других необходимых производственных эталонов.
6. Добыча, переработка и использование урановых руд привели к накоплению в Украине около 130 млн. куб. м радиоактивных отходов, которые представляют угрозу здоровью местных жителей, что вынуждает искать альтернативные источники энергии (ветровую, солнечную, гидравлическую и др.).
7. Отечественная электроэнергетика производит и поставляет электрическую энергию как для нужд Украины, так и на экспорт в Россию, Беларусь, Молдову, а с

«Бурштинського енергоострова» (компанія «Запад-енерго») також в Польщу, Венгрию і Словаччину.

Перечень ссылок

1. Варинская Л. А., Довбня В. Н. Формирование себестоимости 1 кВт·ч электрической энергии в условиях атомной станции // Электротехника та електроенергетика. – 2002. – № 1. – С. 84–87.
2. Патон Б., Барьяхтар В., Бакай А., Неклюдов И. Будущее атомной энергетики // Газета «Киевский телеграф». – 2–8 июня 2006. – № 22 (316).
3. Тютюнников А. Украина урановая // Донецкие новости. – 29 июня – 5 июля 2006. – № 26(782). – С. 12.
4. Юрченко Н. Атомная энергетика Украины в зоне отчуждения? // Ежедневник 2000.– 21 – 27 апреля 2006. – № 16 (315). – с. 13.
5. Украина хочет строить новые АЭС // Ежедневник 2000. – 28 апреля – 4 мая 2006. – № 17 (316). – С. 24.
6. Лясковский А. Нездоровое электричество. Энергетическая стратегия страны. // Ежедневник 2000. – 28 апреля – 4 мая 2006. – № 17 (316). – С. 24.
7. Цхведиани В. Пожиратели света. Замкнутый круг проблем украинской электроэнергетики // Газета «Киевский телеграф». – 21–27 апреля 2006. – № 16 (310). – С. 5.

Поступила в редакцию 28.08.06 г.

Аналізуються становище, перспективи розвитку в світі та Україні атомної електроенергетики на період до 2030 року. Зроблені висновки про життєздатність і перспективність атомної енергетики в більшості країн.

State, perspectives of atomic engineering development in the world and Ukraine in period to 2030 years are analyzed. The conclusions as to the viability and perspectives of atomic engineering in the majority of countries are given.

УДК 621.316

О. Д. Демов, О. П. Паламарчук

Розрахунок процесу впровадження конденсаторних установок в розподільчі мережі енергосистеми

Запроповано метод поетапного впровадження конденсаторних установок (КУ) в розподільчі мережі енергосистеми, який дає можливість враховувати їх обмежені фінансові можливості і одержувати максимальне зниження втрат електроенергії. Показано, що в першу чергу компенсацію реактивної потужності необхідно проводити за рахунок впровадження КУ в мережі споживачів.

Зниження втрат електроенергії в розподільчих мережах (РМ) є однією з основних задач енергосистеми. Значною мірою цього зниження можна досягнути за рахунок установлення конденсаторних установок (КУ) в цих мережах. На сьогоднішній день є низка методів розрахунку розміщення та потужностей КУ в електричних мережах [1, 2]. В цих методах вважається, що електричні мережі мають можливість установити всі КУ одночасно відповідно до результатів розрахунків, а проміжні кроки по впровадженню результатів не розглядаються. В дійсності фінансові можливості РМ різні і, як правило, обмежені, а установлення КУ в деяких вузлах неможливе. Тому виникає задача розрахунку оптимального процесу впровадження КУ в розподільчі електричні мережі з урахуванням вказаних особливостей.

Оптимальним процесом впровадження КУ буде вважати таку послідовність їх установлення, при якій досягається максимальне зниження втрат електроенергії.

При цьому приймаємо такі припущення.

1. Розглядаємо першу частину комплексної задачі зниження втрат та покращення рівнів напруги за рахунок раціонального вибору місць розташування та потужностей КУ в електричній мережі. Задачу зниження втрат за допомогою КУ можна вважати відносно самостійною [3].

2. РМ розділяємо та окремі частини (дерева), які працюють в розімкненому режимі і живляться від підстанцій 35, 110/10кВ [2].

Нехай розрахункове дерево задане матрицями активних вузлових опорів R та середніх реактивних навантажень Q_n . Номінальна напруга мережі – U_n .

Задачу розбиваємо на n етапів. На i -ому етапі в j -ому вузлі передбачається установлення КУ з потужністю Q_{kij} , яке характеризується зниженням втрат електроенергії $\delta(\Delta P)_{ij}$. Відповідно математична модель оптимізації впровадження КУ буде мати такий вигляд:

$$\delta(\Delta P) = \sum_{i=1}^m \delta(\Delta P)_i \Rightarrow \max, \quad (1)$$