

меняется и для дооптимизации режима по величине потерь в зависимости от места генерирующего источника в системе электроснабжения.

Использование компьютерных программ для разработки эксплуатационных режимов в системе электроснабжения Магнитогорского промышленного узла, включающей в себя сложнзамкнутые сети 110-500 кВ, более двадцати подстанций 110-220 кВ, местные электростанции мощностью более 500 МВт, позволило получить следующие результаты:

- обоснованы нормальные схемы сетей 110-220 кВ по условиям надёжности и допустимости нагрузочных режимов, уровней напряжения, ограничения токов КЗ, остаточных напряжений при КЗ, потерь электроэнергии;
- сделан анализ допустимости наиболее характерных ремонтных режимов;
- выполнены оптимизационные расчёты режимов использования располагаемой мощности местных электростанций;
- выполнены расчёты по оптимизации распределения реактивной мощности и регулирования напряжения.

РАЗМЕЩЕНИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В.В. Прокопчик

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Для питания ответственных потребителей на предприятиях и комбинатах с непрерывными технологическими процессами сооружались собственные ТЭЦ или такие предприятия строились рядом с ТЭЦ энергосистемы, что позволяло питать таких потребителей на генераторном напряжении 6-10 кВ. Такой подход позволял использовать заводские ТЭЦ в качестве независимого источника питания электроэнергией в условиях повреждений и ненормальных режимов в энергосистемах.

Однако в последние десятилетия даже для предприятий металлургии стали отказываться от сооружения заводских ТЭЦ, а питание их электроэнергией стали осуществлять от мощных электростанций и подстанций энергосистемы. В качестве примера можно привести Белорусский (БМЗ) и Молдавский металлургические заводы, которые были построены в восьмидесятые годы без собственных энергоисточников.

Введение в Беларуси в действие с 1999 г. ГОСТ 13109-97 на качество электрической энергии послужило импульсом к исследованию внутренней структуры кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ) в узлах нагрузки в форме провалов напряжения по цепи питания [1]. Анализ большого числа осциллограмм КНЭ по энергосистемам Беларуси позволил сделать общий вывод о том, что глубина и длительность провалов напряжения весьма значительны.

Практически 30-40 % случаев глубина провала напряжения достигает 100 % (провал до нуля) при длительности более 1,5 с, что приводит к аварийной остановке непрерывных производств. Для сравнения в таблице приведена характеристика провалов напряжения для кабельных линий стран Европейского Союза, взятая из ГОСТ 13109-97 (см. табл.).

Таблица

Глубина провала, %	Доля провалов, %, при длительности провала, с						Всего, %
	0,01-0,1	0,1-0,5	0,5-1,0	1,0-3,0	3-20	20-60	
10 – 30	33,0	20,0	4,0	0,5	0,5	–	58,0
30 – 60	4,0	15,0	2,0	–	–	–	21,0
60 – 95	3,0	9,0	0,5	1,5	–	–	14,0
100	0,5	0,5	1,0	–	–	–	7,0
Итого	40,5	44,5	7,5	2,0	0,5	5,0	100

Сопоставление данных по глубине и длительности провалов напряжения энергосистем Беларуси с данными по странам ЕС показывает, что в этих странах наибольший удельный вес имеют провалы небольшой глубины (10-30 %) и малой длительности (0,01-0,1 с). Такое различие внутренней структуры КНЭ потребовало углубленных исследований протекания переходных процессов в узлах нагрузки при КЗ и грозových повреждениях в основных сетях энергосистемы [2].

В результате этих исследований было установлено, что основной причиной выявленного различия в структуре КНЭ является питание предприятий от мощных электростанций и подстанций энергосистем посредством ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения, которые подвержены значительному числу повреждений и отключений.

Многokратное резервирование связей между электростанциями энергосистемы линиями 110-220-330 кВ приводит к тому, что при КЗ в сетях энергосистемы провалы напряжения беспрепятственно трансформируются в сети 10-6 и 0,4 кВ потребителей и при отсутствии заводских электростанций на этих уровнях систем электроснабжения приводят к остановкам помехочувствительного электрооборудования.

Попытки сопоставить структуру энергоисточников Беларуси с другими странами привели к следующему. В Беларуси по состоянию на декабрь 1999 г. суммарная установленная мощность электростанций концерна "Белэнерго" составила 7601,1 МВт (из них КЭС и ТЭС – 23 шт. суммарной мощностью 7549 МВт). Суммарная мощность ТЭС промышленных предприятий достигла 97,7 МВт, что составляет около 1,3 % от суммарной мощности тепловых электростанций концерна.

В связи с этим уместно обратиться к опыту других стран, которые после нефтяного кризиса 1974-75 гг. решали проблемы реструктуризации энергетики. Значительных успехов в этом направлении добилась Дания. За последние 20 лет рост ВВП составил 50 %, а суммарное потребление ТЭС осталось практически неизменным. При этом развитие энергетики базировалось на комбинированном производстве электрической и тепловой энергии путем строительства малых ТЭС. Достаточно привести такие цифры. С 1984 по 1994 гг. были построены и введены в строй 121 малая ТЭС суммарной электрической мощностью 770 МВт и тепловой мощностью 1118 МДж/с, а в 1997 г. суммарная установленная электрическая мощность малых ТЭС Дании достигла 1300 МВт. При этом около 30 % электроэнергии страны производится на малых ТЭС.

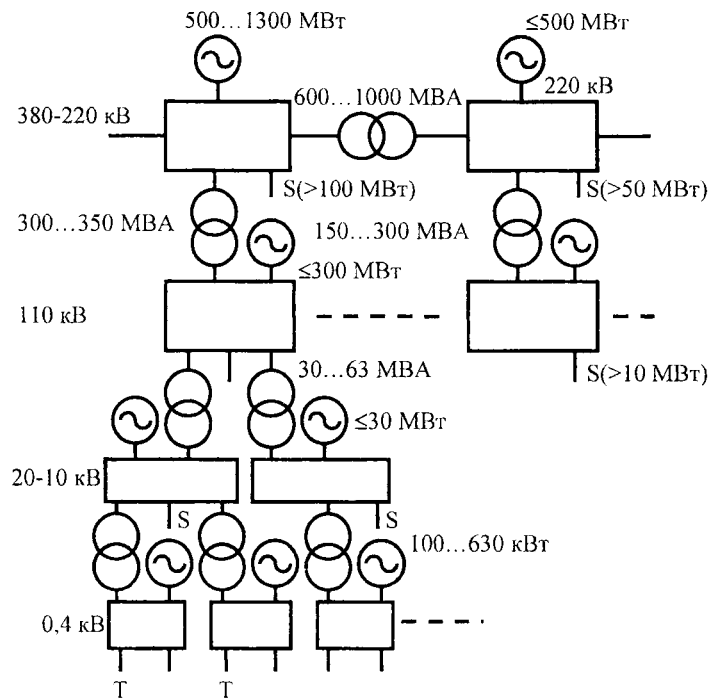


Рис. Структура энергопроизводства в Германии: Т – покупка по тарифу; S – по контракту

Похожая ситуация с использованием малых электростанций имеет место и в Германии. После объединения с ГДР общее количество электростанций в Германии стало – 1111. Среди них есть гиганты мощностью более 1000 МВт (их восемнадцать). Однако наибольшее распространение имеют небольшие электростанции мощностью менее 1 МВт. Таких электростанций около пятисот и они работают в сетях 0,4 кВ. Структура размещения электростанций в Германии представлена на рисунке. Характерным является наличие электростанций в сетях непосредственного питания электроприемников 0,4 кВ и в сетях среднего напряжения, которые являются независимыми источниками питания для потребителей. Работа таких электростанций в сетях низкого и среднего (10-20 кВ) напряжения позволяет демпфировать КНЭ, вызываемые КЗ в основных сетях энергосистемы.

В Беларуси и России монополия на производство электрической и тепловой энергии и принятая с 1930 года система централизованного теплоснабжения городов препятствовали появлению ТЭЦ на промышленных предприятиях. Однако при переходе к рыночным отношениям ситуация стала изменяться и такие энергоисточники стали появляться. Опыт работы таких энергоисточников показал, что стоимость произведенной на них электрической и тепловой энергии в 2-3 раза ниже покупных в энергосистеме. Однако главным достоинством заводских электростанций является возможность использования их в качестве второго (или третьего) независимого источника питания для электроприемников, агрегатов и линий непрерывного производства, что позволяет повысить устойчивость промышленных предприятий (или отдельных производств) к внешним воздействиям.

Литература

1. Прокопчик В.В., Широков О.Г. О необходимости изменения требований к электроснабжению предприятий с непрерывным технологическим процессом // Энергетика. – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ. – 1999. – № 1.

2. Прокопчик В.В., Головач Ю.Д. Заводские ТЭЦ как независимые источники питания для предприятий // *Электрика*. – 2001. – № 9.

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ И МИНИ-ТЭЦ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.В. Довгаль

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

В настоящее время системы электроснабжения Беларуси, России и других стран СНГ можно представить в следующем виде – большие тепловые и атомные электростанции, связанные между собой системообразующими линиями электропередачи (ЛЭП) высокого напряжения. Затем от этих мощных энергообъединений осуществляется питание потребителей электрической энергии. Следует отметить, что данной конфигурации систем электроснабжения объективно присущи кратковременные нарушения электроснабжения потребителей (КНЭ) в виде провалов напряжения, возникающие из-за коротких замыканий и грозовых перенапряжений в ЛЭП высокого напряжения. Эти внешние КНЭ являются одной из основных причин остановок непрерывных технологических процессов (черная и цветная металлургия, химия, транспорт нефти и газа и т.д.) по цепи питания, содержащих в своем составе помехочувствительные электроприемники. К этим электроприемникам можно отнести большинство высокотехнологичного оборудования (регулируемый электропривод, микропроцессорные системы управления и т.п.). Кроме того, пускозащитная аппаратура большинства электродвигателей с номинальным напряжением 0,4 кВ выполнена в виде систем, содержащих контакторы и пускатели, и при возникновении провалов напряжения малой длительности, но достаточной глубины, электродвигатели оказываются обесточенными.

Нарушения и остановки непрерывных технологических процессов приводят к значительному материальному ущербу. Если данные остановки происходят из-за воздействия КНЭ, то, как правило, они являются предметом споров между потребителями и энергосистемой. В связи с этим, становятся актуальными задачи контроля качества электрической энергии на границе раздела энергосистема-потребитель и снижения воздействия КНЭ на помехочувствительные электроприемники.

В настоящее время с введением в Республике Беларусь ГОСТ 13109-97 на качество электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения провалы напряжения характеризуются показателем "длительность провала напряжения", предельно допустимое значение которого в электрических сетях до 20 кВ составляет 30 с. Глубина провала напряжения не нормируется. Однако, как показывает практика, оборудование непрерывных технологических процессов весьма чувствительно к воздействию КНЭ и аварийно останавливается при глубине провалов напряжения более 20 % и длительностью более 25-35 мс.

Существует несколько основных путей решения данной проблемы:

1. Питание помехочувствительных электроприемников от двух независимых источников питания в совокупности с установкой на шинах подстанций быстродействующего АВР, которое, при возникновении провала напряжения, переключало бы питание потребителей на второй, независимый источник питания. Однако следует отметить, что действительно независимыми источниками питания являются только те, между которыми не существует электрической связи. Поэтому, при существую-