

УДК 621.311.13

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЭС УПРАВЛЕНИЕМ РЕЖИМОВ НАПРЯЖЕНИЯ И БАЛАНСОМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Креч А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Петруша Ю. С.

Энергоэффективность — это эффективное использование энергетических ресурсов, т.е. использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения. Повышение энергоэффективности приводит к:

- сокращению коммунальных расходов у населения;
- экономия и снижение затрат на топливо;
- ограничение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Как известно существует определенная связь между приведенными затратами $Z(P)$ и режимом энергосистемы, в которой можно выделить такую составляющую как издержки на потерю электроэнергии. В общем виде эта функция имеет вид:

$$I_{\text{пот ээ}} = f(\Delta W; \text{Ц}). \quad (1)$$

Или в формульном виде:

$$I_{\text{пот ээ}} = \Delta W \cdot \text{Ц}. \quad (2)$$

Так как $\Delta W = f(\Delta P; \tau)$, то видно что повышение энергоэффективности можно добиться путем снижения потерь активной мощности ΔP .

При передаче электрической энергии от генераторов электростанций до потребителя около 8-12% всей вырабатываемой электроэнергии теряется в проводниках воздушных и кабельных линий, а также в обмотках и стальных сердечниках силовых трансформаторов.

При проектировании и эксплуатации нужно стремиться к уменьшению потерь электроэнергии на всех участках энергосистемы, поскольку потери электроэнергии ведут к увеличению мощности электростанций, что в свою очередь влияет на стоимость электроэнергии.

Теперь перейдем к рассмотрению электрических сетей. Основные электрические сети (системообразующие и питающие) имеют сложно замкнутую конфигурацию (линии электропередач разного номинального напряжения, связанного с помощью автотрансформаторов связи), в таких сетях естественное потокораспределение отличается от экономического из-за возникновения уравнивающей мощности $S_{ур}$. Эта уравнивающая мощность вызвана неоднородностью сети и неоптимальным сочетанием коэффициентов трансформации K_T в замкнутых контурах сети. Протекание уравнивающей мощности в сети вызывает рост потерь активной мощности и падения напряжения, что негативно сказывается на режиме узлов нагрузки и вызывает рост $I_{\text{пот ээ}}$.

Для управления режимами напряжений и балансов реактивной мощности в сетях имеется ряд регулирующих и компенсирующих устройств таких как: трансформаторы и автотрансформаторы с РПН, БСК, СК, ШР, ВДТ, генераторы на станциях и т.д. Меняя режим работ этих устройств можно добиться снижения потоков уравнительной мощности $S_{ур}$, а следовательно уменьшить ΔP и улучшить режим узлов нагрузки.

Так как все перечисленные выше устройства влияют на перераспределение в сети реактивной мощности Q и на напряжение узлов нагрузки, то задачу выбора оптимального значения источников Q и подбор оптимальных k_T можно назвать задачей повышения эффективности ЭЭС при помощи Q и U . Математически задача имеет вид:

$$\text{Min}\{\Delta P(k_T, Q)/k_T, Q \in R\}. \quad (3)$$

При этом k_T, Q должны лежать в допустимый пределах области R которая обусловлена режимными уравнениями устойчивого режима сети.

К этим ограничениям относятся:

- допустимые значения напряжения $U_{imin} \leq U_i \leq U_{imax}$;
- допустимые значения тока в линии $I_i \leq I_{идоп}$;
- технические ограничения $k_{Tmin} \leq k_T \leq k_{Tmax}$, $Q_{ген} \leq Q_{ген max}$ и т.д.;
- возбуждение магнитопровода трансформатора $F_T \leq F_{Тдоп}$;
- максимально допустимый переток в линии и т.д.

В электроэнергетике существует комплекс мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Все мероприятия можно разделить на: технические, организационные. Организационные мероприятия в отличие от технических не требуют вложения капитальных затрат.

К техническим мероприятиям по снижению потерь относят:

- установка компенсирующих устройств;
- установка дополнительных средств регулирования (линейный регулятор и вольтодобавочный трансформаторов);
- повышения номинального напряжения сети;
- замена сечений проводов;
- упорядочение мощностей трансформаторов;
- замена устаревших трансформаторов;
- использование накопителей электрической энергии;

К организационным мероприятиям по снижению потерь относят:

- повышения уровня рабочего напряжения;
- оптимизация режимов сетей с учетом потерь на корону;
- управления потоками мощности в неоднородных сетях (при помощи линейных регуляторов, компенсирующих устройств и т.д.);
- размыкания в оптимальных точках замкнутых электрических сетей;
- оптимизация режимов работы трансформаторов на подстанции;
- пофазное выравнивание нагрузок (переход к симметричному режиму работы сети);

- управление электропотреблением (выравнивание графика нагрузки).

Принимая во внимание все вышеперечисленное можно наметить следующие пути повышения энергоэффективности:

- создание максимально однородной сети;
- изменение коэффициента трансформации в замкнутом контуре электрической сети;
- изменение напряжения в центре питания;
- управления потоками мощности в неоднородных сетях;
- установка дополнительных средств регулирования режимами электрических сетей;
- определение оптимальных точек размыкая сети.

Данные мероприятия относятся, как и техническим так и к организационным мероприятиям

Среди технических мероприятий рассмотрены:

- установка компенсирующих устройств;
- установка устройств продольной компенсации.

Также были рассмотрены следующие организационные мероприятия:

- изменение напряжения в центре питания (ЦП);
- определение оптимальных точек размыкая сети.

Критерии для оценки эффективности:

- величина приведенных затрат (Z);
- стоимость передачи электрической энергии ($C_{П}$);

Исходная схема расчетной сети приведена ниже.

Расчеты режимов сети проводились в программе Rastr3.

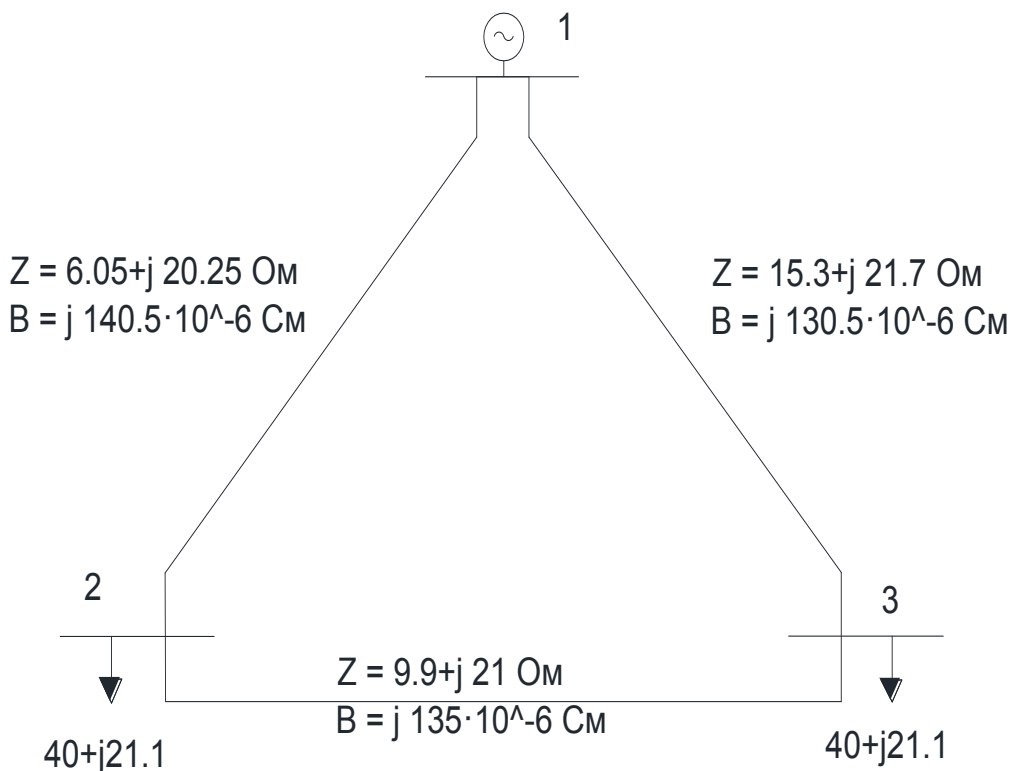


Рисунок 1 – Исходная схема сети

Результаты расчетов исходного режима сети, а также после проведения различных мероприятий по снижению потерь представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов режимов сети

Название проведенного мероприятия	W, Мвт·ч	ΔP , МВт	ΔW , Мвт·ч	Z, тыс. у.д.е.	$S_{п}$, тыс у.д.е./МВт
исходная схема	391,394	3,948	11.844	942,66	2,408
установка КУ	386,728	2,926	8,778	872,54	2,255
установка УПК	389,061	3,38	10,14	876,52	2,253
изменение напряжения в ЦП	387,661	3,14	9,42	845,7	2,182

Мероприятие по определению оптимальных точек размыкания не дало положительного результата.

Вывод:

Как видно из результатов расчета для данной схемы наиболее эффективным мероприятием оказалось изменение напряжения в центре питания. Анализ результатов расчета приеденных затрат и стоимости передачи электроэнергии для технических мероприятий показал, что результаты являются равнозначными, поэтому для их сравнения требуется учесть дополнительные критерии такие как надежность работы, площадь отчуждаемой территории, экологическая безопасность и т.д. так же следует отметить возможность совместного проведения данных мероприятий.

Решение такой проблемы как повышение энергоэффективности является многокритериальной задачей, в связи с тем необходимо частное рассмотрение каждой конкретной сети и режима ее работы. Для чего разработан комплекс технических и организационных мероприятий.

Подводя итоги можно сделать вывод о том, что данный метод управления энергоэффективностью включает как организационные мероприятия, что является благоприятным фактором с точки зрения экономии капитальных вложений, так и технические, которые хоть и требуют некоторых капитальных вложений, но оказывает положительное влияние не только на снижение издержек на потери электроэнергии но и улучшают режим узлов нагрузок, увеличивают пропускную способность линии, увеличение статической устойчивости сети и т.д.

Литература

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; Под ред.С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.-352с.
2. Основы проектирования энергосистем: учебное пособие для студентов энергетических специальностей: в 2 ч. / В. Т. Федин, М. И. Фурсанов. – Минск: БНТУ, 2010