

2. Поспелов, Г.Е., Федин, В.Т. Передача энергии и электропередачи. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.
3. Веников, В.А. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. – М.: Энергоатомиздат, 1993.

УДК 621.311

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Волков А.А.

Согласно [1] выбор регулировочных ответвлений сетевых трансформаторов трансформаторных подстанций следует осуществлять в зависимости от потерь напряжения в сети от центра питания до ближайшего и наиболее удаленного электроприемников в сети данного трансформатора в режиме наибольших нагрузок. При этом рекомендуется следующий порядок выбора регулировочных ответвлений трансформаторов:

– разделяют присоединенную к центру питания распределительную сеть на зоны шириной 2,5 % по потере напряжения от шин центра питания до ближайшего к шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции электроприемника;

– принимают в каждой зоне для трансформаторов подстанции одно и то же регулировочное ответвление. На трансформаторах, присоединенных к распределительной сети в зоне потерь напряжения от 0 до 2,5 % – регулировочное ответвление 1, в зоне потерь напряжения от 2,5 до 5 % – 2 и т. д.;

– определяют границы допустимых значений установившегося отклонения напряжения в центре питания, исходя из существующих потерь напряжения в сети и принятых регулировочных ответвлений трансформаторов;

– проверяют соответствие границ допустимых значений установившегося отклонения напряжения в центре питания с фактически поддерживаемым режимом напряжения и, при необходимости, проводят коррекцию регулировочных ответвлений сетевых трансформаторов или закона регулирования с целью обеспечения требований стандарта на выводах электроприемников [2].

При анализе приведенного порядка выбора ответвлений сетевых трансформаторов можно отметить, что выбор ответвлений производится без учета потерь напряжения от шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции до точки подключения потребителей. Кроме того, не учитывается зона нечувствительности автоматических устройств регулирования напряжения трансформаторов (АРНТ) в центре питания. В данной работе была поставлена задача определения влияния этих факторов на выбор ответвлений сетевых трансформаторов.

Границы допустимого отклонения напряжения на шинах 0,38 кВ трансформаторной подстанции в режиме наибольших нагрузок равны [3]:

$$\delta U_{ТП\text{ нб}}'' = \delta U_+ + \Delta U_{нн\text{ б}}'';$$

$$\delta U_{ТП\text{ нм}}'' = \delta U_- + \Delta U_{нн\text{ у}}'';$$

где δU_+ и δU_- – верхний и нижний пределы отклонения напряжения на выводах электроприемника;

$\Delta U_{нн\text{ б}}''$ и $\Delta U_{нн\text{ у}}''$ – потеря напряжения от шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции соответственно до ближайшего и до наиболее удаленного приёмника в режиме наибольших нагрузок.

Аналогично для режима наименьших нагрузок границы допустимого отклонения напряжения

$$\delta U'_{ТП\ нб} = \delta U_+ + \Delta U'_{нн\ б};$$

$$\delta U'_{ТП\ нм} = \delta U_- + \Delta U'_{нн\ у},$$

где $\Delta U'_{нн\ б}$ и $\Delta U'_{нн\ у}$ – потеря напряжения от шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции соответственно до ближайшего и до наиболее удаленного приёмника в режиме наименьших нагрузок.

С другой стороны отклонение напряжения на шинах 0,38 кВ трансформаторной подстанции в режиме наибольших нагрузок можно определить по выражению

$$\delta U''_{ТП\ нб} = \delta U''_{ЦП} - \Delta U''_{Н\ нм} + \delta U_T;$$

$$\delta U''_{ТП\ нм} = \delta U''_{ЦП} - \Delta U''_{Н\ нб} + \delta U_T,$$

где $\delta U''_{ЦП}$ – отклонение напряжения на шинах низшего напряжения центра питания (трансформаторной подстанции 35–220/6–10 кВ) в режиме наибольших нагрузок;

$\Delta U''_{Н\ нб}$ и $\Delta U''_{Н\ нм}$ – наибольшее и наименьшее значения потерь напряжения от шин центра питания до шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции в режиме наибольших нагрузок;

δU_T – добавка напряжения на трансформаторе трансформаторной подстанции 6–10/0,38 кВ.

Аналогично в режиме наименьших нагрузок отклонение напряжения на шинах 0,38 кВ трансформаторной подстанции можно определить по выражениям

$$\delta U'_{ТП\ нб} = \delta U'_{ЦП} - \Delta U'_{Н\ нм} + \delta U_T;$$

$$\delta U'_{ТП\ нм} = \delta U'_{ЦП} - \Delta U'_{Н\ нб} + \delta U_T,$$

где $\delta U'_{ЦП}$ – отклонение напряжения на шинах низшего напряжения центра питания в режиме наименьших нагрузок;

$\Delta U'_{Н\ нб}$ и $\Delta U'_{Н\ нм}$ – наибольшее и наименьшее значения потерь напряжения от шин центра питания до шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции в режиме наименьших нагрузок.

Тогда можно выразить границы значений потерь напряжения в сети 6–10 кВ, при которых может быть выбрано на трансформаторной подстанции определенное ответвление δU_T для обеспечения допустимого отклонения напряжения на шинах электроприемника

$$\Delta U''_{Н\ нм} = \delta U''_{ЦП} - \delta U''_{ТП\ нб} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{Н\ нб} = \delta U''_{ЦП} - \delta U''_{ТП\ нм} + \delta U_T;$$

$$\Delta U'_{Н\ нм} = \delta U'_{ЦП} - \delta U'_{ТП\ нб} + \delta U_T;$$

$$\Delta U'_{Н\ нб} = \delta U'_{ЦП} - \delta U'_{ТП\ нм} + \delta U_T$$

или

$$\Delta U''_{Н\ нм} = \delta U''_{ЦП} - \delta U_+ - \Delta U''_{нн\ б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{Н\ нб} = \delta U''_{ЦП} - \delta U_- - \Delta U''_{нн\ у} + \delta U_T;$$

$$\Delta U'_{Н\ нм} = \delta U'_{ЦП} - \delta U_+ - \Delta U'_{нн\ б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U'_{Н\ нб} = \delta U'_{ЦП} - \delta U_- - \Delta U'_{нн\ у} + \delta U_T.$$

Пределы отклонения напряжения на шинах центра питания с учетом зоны нечувствительности АРНТ

$$\delta U''_{ЦП} = \delta U''_{ЦП} \pm \delta U_{нч};$$

$$\delta U'_{ЦП} = \delta U'_{ЦП} \pm \delta U_{нч}.$$

Тогда

$$\Delta U''_{H нм} = \delta U''_{ЦП} + \delta U_{нч} - \delta U_+ - \Delta U''_{нн б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{H нм} = \delta U''_{ЦП} - \delta U_{нч} - \delta U_+ - \Delta U''_{нн б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{H нб} = \delta U''_{ЦП} + \delta U_{нч} - \delta U_- - \Delta U''_{нн у} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{H нб} = \delta U''_{ЦП} - \delta U_{нч} - \delta U_- - \Delta U''_{нн у} + \delta U_T$$

и, следовательно,

$$\Delta U''_{H нм} = \delta U''_{ЦП} + \delta U_{нч} - \delta U_+ - \Delta U''_{нн б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U''_{H нб} = \delta U''_{ЦП} - \delta U_{нч} - \delta U_- - \Delta U''_{нн у} + \delta U_T.$$

Аналогично для режима наименьших нагрузок

$$\Delta U'_{H нм} = \delta U'_{ЦП} + \delta U_{нч} - \delta U_+ - \Delta U'_{нн б} + \delta U_T;$$

$$\Delta U'_{H нб} = \delta U'_{ЦП} - \delta U_{нч} - \delta U_- - \Delta U'_{нн у} + \delta U_T.$$

Определим диапазон потерь напряжения от шин центра питания до шин 0,38 кВ трансформаторной подстанции при определенной добавке δU_T .

Без учета зоны нечувствительности

$$\Delta U''_{H нб} - \Delta U''_{H нм} = -\delta U_- + \delta U_+ - \Delta U''_{нн у} + \Delta U''_{нн б};$$

$$\Delta U'_{H нб} - \Delta U'_{H нм} = -\delta U_- + \delta U_+ - \Delta U'_{нн у} + \Delta U'_{нн б}.$$

С учетом зоны нечувствительности

$$\Delta U''_{H нб} - \Delta U''_{H нм} = -2\delta U_{нч} - \delta U_- + \delta U_+ - \Delta U''_{нн у} + \Delta U''_{нн б};$$

$$\Delta U'_{H нб} - \Delta U'_{H нм} = -2\delta U_{нч} - \delta U_- + \delta U_+ - \Delta U'_{нн у} + \Delta U'_{нн б}.$$

Как видно из формул учет зоны нечувствительности приводит к уменьшению диапазона на $2\delta U_{нч}$. Кроме того в режиме наибольших нагрузок диапазон меньше чем в режиме наименьших нагрузок за счет того, что $-\Delta U''_{нн у} + \Delta U''_{нн б} > -\Delta U'_{нн у} + \Delta U'_{нн б}$.

Определим теперь возможность наложения диапазонов потерь напряжения при двух соседних добавках напряжения δU_T и δU_{Tc} .

Без учета зоны нечувствительности

$$\Delta U''_{H нб} - \Delta U''_{H нмс} = -\delta U_- + \delta U_+ - \Delta U''_{нн у} + \Delta U''_{нн б} + \delta U_T - \delta U_{Tc};$$

$$\Delta U'_{H нб} - \Delta U'_{H нмс} = -\delta U_- + \delta U_+ - \Delta U'_{нн у} + \Delta U'_{нн б} + \delta U_T - \delta U_{Tc}.$$

С учетом зоны нечувствительности

$$\Delta U''_{H нб} - \Delta U''_{H нмс} = -2\delta U_{нч} - \delta U_- + \delta U_+ - \Delta U''_{нн у} + \Delta U''_{нн б} + \delta U_T - \delta U_{Tc};$$

$$\Delta U'_{H нб} - \Delta U'_{H нмс} = -2\delta U_{нч} - \delta U_- + \delta U_+ - \Delta U'_{нн у} + \Delta U'_{нн б} + \delta U_T - \delta U_{Tc}.$$

Принимая во внимание, что $-\delta U_- + \delta U_+ + \delta U_T - \delta U_{Tc} \approx -(-5) + 5 - 2,5$ можно отметить, что в общем случае диапазоны потерь напряжения при двух соседних добавках напряжения накладываются друг на друга. При этом в режиме наибольших нагрузок общий диапазон меньше чем в режиме наименьших нагрузок. Наличие такой зоны наложения является положительным моментом, так как возможны случаи, когда для режима наибольших и наименьших нагрузок не получается выбрать одно ответвление на

трансформаторе подстанции 6–10/0,38 кВ. Тогда следует рассмотреть возможность перехода в одном из режимов на соседнее ответвление.

Учет зоны нечувствительности приводит к снижению зоны наложения и в определенных случаях может привести к тому, что диапазоны не будут накладываться друг на друга. Это значит, что при некоторых значениях потерь напряжения ответвление на трансформаторе подстанции 6–10/0,38 кВ выбрать не удастся.

Литература

1. РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии. – М.: ЛИНВИТ, 2000. – 38 с.

2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Взамен ГОСТ 13109-87. – Мн.: БелГИСС: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 62 с.

3. Федин, В.Т. Оперативное управление в энергосистемах. Часть 3. Регулирование нормальных режимов в энергосистемах и электрических сетях: Учеб. метод. пособие по дисциплине «Оперативное управление в энергосистемах». – Мн., 2002. – 128 с.

УДК 620.97

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Питаленко Е.В., Угорич С.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент **ЦЫГАНКОВ В.М.**

Ветроэнергетика – отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, электрической и тепловой энергии и определяющая области и масштабы целесообразного использования ветровой энергии в народном хозяйстве. Ветроэнергетика состоит из двух основных частей: ветротехники, разрабатывающей теоретические основы и практические приемы проектирования технических средств (агрегатов и установок), и ветроиспользования, включающего теоретические и практические вопросы оптимального использования энергии ветра, рациональной эксплуатации установок и их технико-экономических показателей, обобщение опыта применения установок в народном хозяйстве.

В настоящее время наибольшего развития достигла в Германии, Англии, Голландии, Дании, США (только в штате Калифорния 15 тыс. ветряков). Наиболее оправданы небольшие ветряные энергетические установки (ВЭУ) мощностью до 15 кВт, хотя сооружаются и установки мощностью 100–500 кВт, а во Франции, Дании и в некоторых других странах были введены в строй ВЭС с номинальной мощностью свыше 1 МВт. В таблице 1 приведены данные об установленной мощности по странам.

Обычно на одной площадке устанавливается большое количество ВЭУ, образующих так называемую ветровую ферму. Самая большая ферма сооружена в Калифорнии и включает около 1000 ВЭУ, ее общая мощность 100 МВт. Попытки сооружения «ветровых монстров» (в устье Эльбы была построена ВЭУ «Гровиан» мощностью 3 МВт, а в штате Огайо в США – мощностью 10 МВт) неоправданны, так как такие установки вызывают сильное шумовое загрязнение на больших территориях, примыкающих к ВЭУ. Небольшие ВЭУ – идеальные источники энергии для ферм. Они могут быть под-