

СЕКЦИЯ 12. МОЙ ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ (ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ)

ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ

А.А. Гумовская
Лицей при ТПУ

В современном мире большая часть энергии вырабатывается на крупных электростанциях, которые находятся на значительном удалении от потребителей. Поэтому объемы передаваемой энергии по линиям электропередачи (ЛЭП) очень велики, при этом потери весьма значительны и составляют около 8% от всей передаваемой мощности.

Существенно снизить потери при передаче можно за счет регулирования напряжения линий при изменении погодных условий и величин передаваемой мощности. Потери зависят от напряжения неоднозначно, они определяются совокупностью многих факторов, поэтому положительный эффект может дать только регулирование, которое осуществляется по некоторому алгоритму, заданному для конкретной линии.

Цели работы:

8. разработать алгоритм изменения напряжения с учетом изменения погодных условий и величин передаваемой мощности воздушной линии 500 кВ с целью снижения потерь;
9. сконструировать микропроцессорное устройство, реализующее данный алгоритм на физической модели.

Одна из причин, приводящая к значительным потерям в линии – «корона», вид электрического разряда в резко неоднородном электрическом поле, которое существует на поверхности провода линии, находящегося под напряжением U по отношению к земле [1]. Под воздействием электрического поля линии свободные электроны, имеющиеся в воздухе, приобретают дополнительную энергию, ускоряются и выбивают из других атомов вторичные электроны, которые также ускоряются. При некоторой напряженности поля E этот процесс приобретает лавинообразный характер, в результате чего в тонком слое около провода создается ионизированная зона, насыщенная электронами. Внешне это проявляется в виде свечения вдоль провода, которое можно заметить в темное время суток. Процессы ионизации вокруг провода приводят к существенному увеличению потерь энергии в линии. Потери на корону можно уменьшить за счет снижения напряженности электрического поля, которая определяется по формуле

$$E = UC/(2\pi\epsilon_0\epsilon r), \quad (1)$$

где U – напряжение линии, C – емкость провода, r – радиус провода, ϵ , ϵ_0 – диэлектрические постоянные.

Из (1) очевидно, что снизить напряженность E можно увеличивая радиус r и уменьшая U . На практике используют оба пути. В данной работе рассматри-

вается возможность снижения потерь на корону за счет регулирования напряжения в допустимом диапазоне.

Потери на корону найдем по формуле, приведенной в [2]

$$\Delta P_K = \Delta P_0 l \left(6,88 \frac{U}{U_{\text{ном}}} - 5,88 \frac{U^2}{U_{\text{ном}}^2} \right), \quad (2)$$

где l – длина линии; $U_{\text{ном}} = 500$ кВ – номинальное напряжение линии; U – фактическое напряжение; ΔP_0 – удельные потери мощности на корону на линиях 500 кВ при различных видах погоды.

Другая составляющая потерь при передаче – нагрузочные потери ΔP_H , которые изменяются в соответствии с законом Джоуля-Ленца

$$\Delta P_H = I^2 R = (P^2 / U^2) R, \quad (3)$$

где R – активное сопротивление провода; I – ток в линии; P – передаваемая мощность.

Сопротивление провода зависит от тока в проводнике, охлаждения, температуры окружающей среды [2]

$$R = R_0 l (1 + 0,004 (\theta_{\text{пр}} - 20^\circ)),$$

где R_0 – сопротивление проводника при температуре 20°C ,

$\theta_{\text{пр}}$ – температура провода [4].

Причем $\theta_{\text{пр}} = \theta_{\text{окр}} + (I^2 / I_{\text{дд}}^2) \cdot (\theta_{\text{доп}} - \theta_{\text{орасч}})$,

где $\theta_{\text{окр}}$ – фактическая температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{доп}} = 90^\circ\text{C}$ – расчетная длительно допустимая температура провода, $^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{орасч}} = +25^\circ\text{C}$ – расчетная температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$ (для воздушных линий). $I_{\text{дд}} = 680$ А – длительно допустимый ток в проводнике, А [4],

$I = P / \sqrt{3} U$ – фактический ток, А.

Суммарные потери в линии складываются из нагрузочных потерь ΔP_H и потерь на корону ΔP_K . Причем нагрузочные потери при увеличении напряжения уменьшаются, а потери на корону увеличиваются. Значит, необходимо найти некоторое оптимальное значение напряжения, при котором суммарные потери будут минимальны. В [2, стр. 648] приведена формула, позволяющая рассчитать оптимальное напряжение, соответствующее минимуму потерь активной мощности

$$U_{\text{опт}^*} = \frac{5,88 \Delta P_0 l \pm \sqrt{(5,88 \Delta P_0 l)^2 + 4 \cdot 13,76 \Delta P_0 l \frac{2P^2 R}{U_{\text{ном}}^2}}}{2 \cdot 13,76 \Delta P_0 l}. \quad (4)$$

Длина линии принята равной $l = 300$ км. Линия выполнена сталеалюминевым проводом АС 300/66, имеющем удельное активное сопротивление $R_0 = 0,10226$ Ом/км.

Согласно правилам эксплуатации изменение напряжения в пределах $\pm 5\%$ от 500 кВ не нарушает нормального режима работы потребителей. Для линии 500 кВ минимальное допустимое значение напряжения равно 475 кВ, максимальное – 525 кВ.

Потери мощности были определены при трех значениях передаваемой мощности, соответствующих трем характерным режимам:

$P = 450$ МВт – слабо нагруженная линия,
 $P = 900$ МВт – линия работает в номинальном режиме,
 $P = 1350$ МВт – линия работает в тяжелом режиме.

По рекомендациям, изложенным в [2], все многообразие погодных условий разбито на 4 группы с соответствующими удельными потерями мощности на корону: хорошая с влажностью менее 90% ($\Delta P_0 = 2,4$ кВт/км), сухой снег ($\Delta P_0 = 9,1$ кВт/км), влажная ($\Delta P_0 = 30,2$ кВт/км), изморозь ($\Delta P_0 = 79,2$ кВт/км).

На рис. 1 представлены зависимости потерь мощности от напряжения для слабонагруженной линии при температуре 20 градусов.

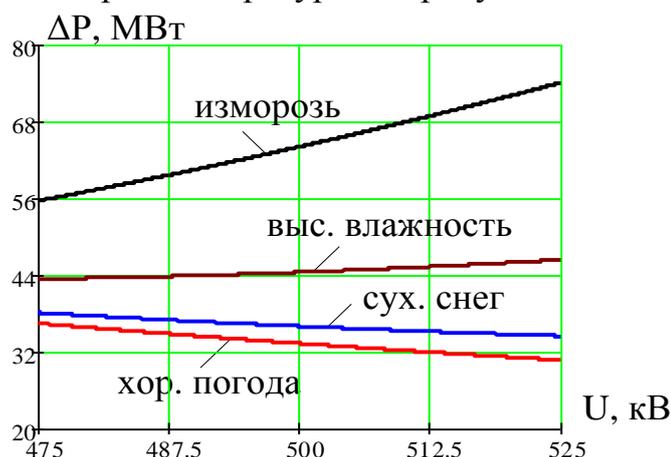


Рис. 1. Зависимости потерь мощности от напряжения

Согласно расчетам, для линии при хорошей погоде для всех уровней передаваемой мощности целесообразно поддерживать самое высокое напряжение в заданном диапазоне – 525 кВ. Когда идет сухой снег или на улице большая влажность при наименьшей передаваемой мощности 450 МВт минимум потерь обеспечивается при напряжении 475 кВ, при увеличении передаваемой мощности до 900 МВт и выше лучшему режиму соответствует напряжение 525 кВ. В случае изморози при любой передаваемой мощности целесообразно поддерживать самое низкое напряжение 475 кВ.

В резко континентальном климате Томской области температура окружающей среды может меняться в течение суток на 10–20 °С. Разумеется, это не означает, что при изменении температуры на 1–2 °С необходимо изменять режим по напряжению. В данной работе были приняты следующие граничные условия. Если фактическое напряжение отличается от оптимального, рассчитанного по (4), более чем на 5%, то устройство выдает сообщение о желательном изменении напряжения.

Возникает естественный вопрос, как на практике будет реализовываться разработанный алгоритм? На данный момент существуют технические устройства, которые позволяют изменять напряжение плавно, по заданному алгоритму, например, управляемый шунтирующий реактор (УШР). Однако нужный уровень напряжения определяется не только из условия минимизации потерь. Решение этого важного вопроса должен принимать дежурный диспетчер, который владеет всей информацией о текущем режиме.

На основании описанного алгоритма было разработано устройство с применением микроконтроллера STM32. В качестве входных сигналов используются аналоговые сигналы, поступающие от датчика температуры и датчика влажности. Режим нагрузки задается. Устройство рассчитывает оптимальное напряжение по (5) и выдает сообщение для диспетчера.

Расчеты показали, что при учете погодных условия при выборе режима по напряжению в рассматриваемой линии можно снизить потери примерно на 10 МВт в год. Общая протяженность воздушных линий 500 кВ в энергосистеме Сибири несколько тысяч км. Если грамотно регулировать напряжение на всех линиях 500 кВ в зависимости от погодных условий и величины перетока мощности, то можно существенно снизить потери в линиях.

Эксплуатация ЛЭП высокого напряжения связана с большими материальными затратами и поэтому важно, чтобы эти затраты были использованы с максимальной эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 488 с.
2. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. – Ростов-н/Д: Феникс, 2006. – 720 с.
3. Неклепаев Б.Н. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
4. Системы электроснабжения, курс лекций, Лыков Ю.Ф. <http://home.samgtu.ru/~epp/Lekcii.SES/1.8.htm> дата обращения 02.02.2016.

Научный руководитель: В.В. Шестакова, к.т.н., доцент кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК

А.И. Чухонастова
Лицей при ТПУ

Современные методы построения измерительных систем не исчерпывают возможности своего применения на экспериментальных установках. Они могут применяться для построения систем сбора данных с физических диагностик, для которых требования к точности, помехоустойчивости и скорости передачи данных не такие жесткие, как для систем измерения электромагнитных параметров (СМИ).

В связи с этим, целью проекта является исследование алгоритмов обработки сигналов, измерение и реконструкция параметров магнитного поля.