

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**Материалы
X Всероссийской научно-технической
конференции**

ИТЭЭ–2016

*ЧЕБОКСАРЫ
2016*

УДК 621.3:681.518(043.2)

И74

Редакционная коллегия:

ректор А.Ю. Александров,
д-р техн. наук, профессор Г.А. Белов,
канд. техн. наук, доцент Н.М. Лазарева

*Печатается по решению Ученого совета
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова*

Информационные технологии в электротехнике и электро-
И74 энергетике: материалы 10-й Всерос. науч.-техн. конф.
Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. 352 с.

ISBN 978-5-7677-2261-7

Обсуждаются вопросы информатизации в электротехнике и электроэнергетике, построения систем управления электротехническими объектами, проблемы математического моделирования процессов в электротехнических системах, цифровой обработки сигналов электротехники и радиоэлектроники, применения информационных технологий в высшем электротехническом и электроэнергетическом образовании.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

ISBN 978-5-7677-2261-7

УДК 621.3:681.518(043.2)

© Издательство

Чувашского университета, 2016

Таким образом, оптимальная нормированная частота

$$\omega_0 T_{s,opt} = \frac{\pi}{2},$$

следовательно, оптимальная частота дискретизации для гармоники частоты f_0

$$f_{s,opt} = 4f_0.$$

Таким образом, оптимальные условия для определения частоты гармоники создаются при частоте дискретизации, равной четырехкратной частоте гармоники или, другими словами, когда частота Найквиста равна двойной частоте гармоники.

Литература

1. Антонов В.И. Методы обработки цифровых сигналов энергосистем / В.И. Антонов, Н.М. Лазарева, В.И. Пуляев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000.

2. Антонов В.И. Фундаментальные свойства эффективных структурных моделей тока короткого замыкания электрической сети / В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, Н.Г. Иванов // Цифровая электротехника: проблемы и достижения: сб. науч. трудов НПП «ЭКРА». Вып. 3. – Чебоксары: РИЦ «СРЗАУ», 2014. – С. 18–29.

В.И. Антонов, В.А. Наумов, В.С. Петров, М.И. Александрова,
А.Н. Никитина
(Чебоксары, ЧГУ,
ООО НПП «ЭКРА»)

ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИКИ СРАБАТЫВАНИЯ ВЫЯВИТЕЛЬНОГО ОРГАНА АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

Одним из основных предназначений автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР) является выявление и ликвидация асинхронного режима (АР) как на первом цикле, так и после фиксации заданного числа циклов. Первый цикл должен

выявляться при достижении углом между ЭДС несинхронно работающих генераторов δ заданного значения (как правило, 180°), а второй и последующий циклы – в момент достижения углом δ 360° [1, 2]. В АЛАР, основанной на измерении сопротивления, определение моментов $\delta = 180^\circ$ и 360° осуществляется с помощью выявительного органа (ВО). Для выбора характеристики ВО необходимо определить связь между углом δ и сопротивлением, измеряемым устройством АЛАР.

Рассматривается методика выбора характеристики ВО.

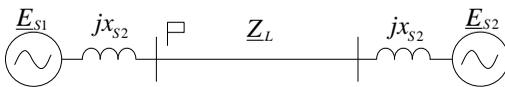


Рис. 1. Расчетная схема электрической сети: \underline{E}_{S1} и \underline{E}_{S2} , x_{S1} и x_{S2} – эквивалентные ЭДС и сопротивления левой и правой систем; \underline{Z}_L – сопротивление линии

АР электропередачи может быть рассмотрен в двухмашинной схеме замещения (рис. 1) [3]. Место установки АЛАР на схеме обозначено флажком.

Сопротивление на входе АЛАР из-

меняется по следующему закону:

$$\underline{Z}_p = \frac{\underline{Z}_\Sigma}{1 - \frac{1}{qe^{j\delta}}} - jx_{S1} = \frac{\underline{Z}_\Sigma}{1 + \frac{1}{qe^{j(180^\circ - \delta)}}} - jx_{S1}, \quad (1)$$

где $\underline{Z}_\Sigma = jx_{S1} + \underline{Z}_L + jx_{S2}$ – эквивалентное сопротивление системы; $q = E_{S1} / E_{S2}$ – отношение амплитуд ЭДС систем.

При изменении коэффициента q от 0 до ∞ и неизменных \underline{Z}_Σ , δ , x_{S1} уравнение (1) описывает годограф в виде дуги, вдоль которой движется конец вектора \underline{Z}_p (на рис. 2 показана только $\cup MA_1B$ при $\delta > 0$). Как известно [4], $\angle BA_1D = 180^\circ - \delta$ и является смежным с $\angle MA_1B$. Следовательно, $\angle MA_1B = \delta$. И, как видно из рис. 2, в каждой точке годографа \underline{Z}_p угол $\angle MA_1B$ соответствует углу δ между ЭДС несинхронно работающих генераторов.

Изменение угла δ во время АР приводит к движению конца вектора \underline{Z}_p вдоль другой дуги, и положение его определяется отношением q . При изменении q от q_{\min} до q_{\max} годографы пересекают линию \underline{Z}_Σ в разных точках (на отрезке A_2A_3), но в каждой из них угол δ будет одинаков и равен 180° . Поэтому линия \underline{Z}_Σ может являться граничной линией, при пересечении с которой выявляется первый цикл АР. Аналогично можно показать, что годограф также пересекает линию \underline{Z}_Σ и при угле $\delta = 360^\circ$.

Изменение сопротивлений систем x_{s1} и x_{s2} меняет положение линии \underline{Z}_Σ , создавая некоторую область $C_1C_2C_3C_4$ (рис. 3).

Следовательно, для разных возможных параметров электропередачи годограф \underline{Z}_p пересекается с разными линиями \underline{Z}_Σ . Вследствие этого выявление циклов происходит с погрешностью. Причем она имеет наибольшее значение в области $\delta = 180^\circ$. Поэтому минимизацию погрешности необходимо осуществить, выбрав усредненную характеристику ВО (на рис. 3 она показана линией W) относительно области $\delta = 180^\circ$. Минимум погрешности достигается при попарном равенстве углов $\varphi_1 = \varphi_2$ и $\varphi_3 = \varphi_4$. Точность оценки угла $\delta = 360^\circ$ остается достаточно высокой.

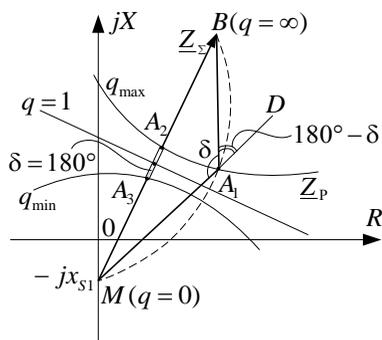


Рис. 2. Оценка угла δ по замеру сопротивления

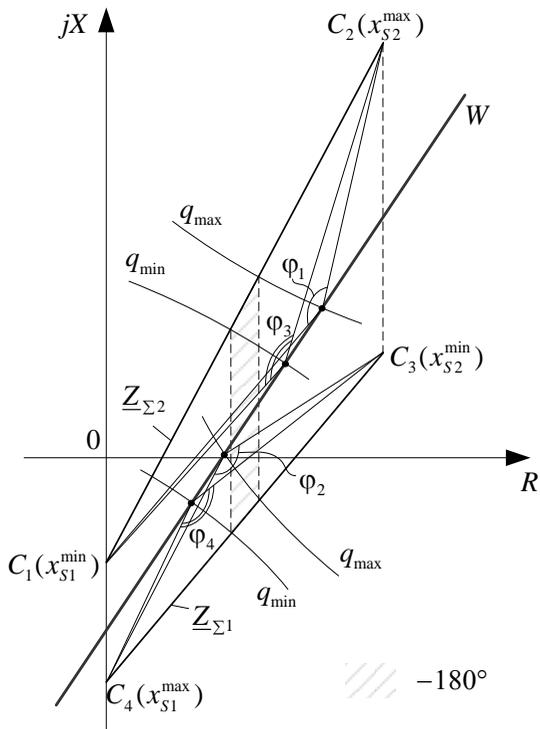


Рис. 3. Область расположения линий \underline{Z}_Σ на комплексной плоскости:

$$\underline{Z}_{\Sigma 1} = j(x_{S1}^{\max} + x_{S2}^{\min}) + \underline{Z}_L; \quad \underline{Z}_{\Sigma 2} = j(x_{S1}^{\min} + x_{S2}^{\max}) + \underline{Z}_L$$

Литература

1. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 55105–2012.
2. Стандарт ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-33.040.20.123-2012.
3. Гоник Я.Е. Автоматика ликвидации асинхронного режима / Я.Е. Гоник, Е.С. Иглицкий. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 112 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи / Л.А. Бессонов. – М.: Высш. шк., 1996. – 638 с.