



Москва, 29 сентября - 1 октября



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. Алексеева

ИНЭИ
РАН

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА В УСЛОВИЯХ БЫСТРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ
ПРОЦЕССОВ В СЕТЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

А.Л. Куликов, П.В. Илюшин

НГТУ им. Р.Е. Алексеева, ИНЭИ РАН

Россия

Докладчик: А.Л. Куликов



Особенности электрических режимов в энергорайонах с объектами распределенной генерации

-Обусловлены малыми значениями механических постоянных инерции генерирующих установок и выражаются в виде значительных отклонений режимных параметров (частота; напряжение; ток) при внешних возмущениях.

-Возможны значительные отклонения показателей качества электрической энергии от нормируемых значений, кратковременные колебания параметров режима в широком динамическом диапазоне, а также ряд других специфических особенностей, обусловленных характеристиками разнородной нагрузки, которые ограничивают применение существующих цифровых методов измерения параметров режима.

Целесообразен синтез алгоритмов цифровой обработки сигналов, позволяющих реализовать одновременную оценку сразу нескольких требуемых параметров измеряемых величин параметров режима в энергорайоне, а также перспективно применение статистических методов оценки параметров сигналов на фоне помех и шумов, обеспечивающих получение точных результатов за счет применения специальных стохастических процедур.



Оценка параметров аварийного режима на основе метода максимального правдоподобия

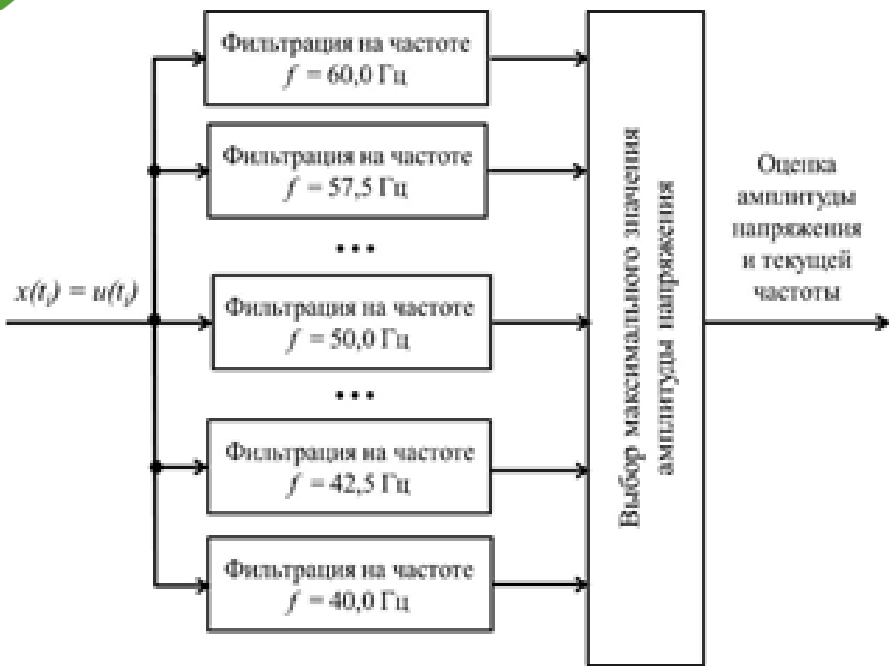


Рисунок 1 – Структурная схема устройства оценки параметров по методу максимального правдоподобия.

Результаты оценки амплитуды и частоты напряжения по ММП.

Частота измеряемого сигнала напряжения, Гц	Частота настройки фильтра в схеме измерителя 1Гц								
	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
40	100	99,68	98,3	95,42	90,79	84,35	76,25	66,82	56,57
41	99,8	100,11	99,46	97,3	93,3	87,33	79,5	70,12	59,68
42	99,25	100,14	100,2	98,79	95,48	90,07	82,62	73,4	62,89
43	98,39	99,77	100,52	99,88	97,31	92,54	85,57	76,63	66,18
44	97,26	99,06	100,45	100,57	98,77	94,72	88,32	79,77	69,51
45	95,94	98,03	100	100,86	99,87	96,58	90,85	82,8	72,83
46	94,47	96,75	99,21	100,78	100,6	98,12	93,11	85,66	76,1
47	92,93	95,26	98,12	100,34	100,96	99,32	95,11	88,33	79,29
48	91,39	93,62	96,77	99,58	100,97	100,17	96,81	90,79	82,36
49	89,92	91,91	95,22	98,53	100,64	100,7	98,2	93	85,27
50	88,58	90,18	93,52	97,22	100	100,89	99,28	94,95	87,99
51	87,42	88,49	91,72	95,71	99,08	100,75	100,04	96,61	90,49
52	86,48	86,92	89,89	94,03	97,91	100,32	100,49	97,98	92,75
53	85,79	85,5	88,08	92,25	96,52	99,61	100,62	99,04	94,73
54	85,34	84,28	86,35	90,41	94,97	98,64	100,45	99,79	96,42
55	85,14	83,27	84,74	88,57	93,28	97,46	100	100,23	97,81
56	85,13	82,49	83,29	86,76	91,52	96,08	99,28	100,36	98,88
57	85,28	81,93	82,02	85,05	89,71	94,55	98,33	100,19	99,64
58	85,52	81,56	80,96	83,45	87,92	92,91	97,17	99,74	100,07
59	85,8	81,34	80,08	82,01	86,17	91,21	95,83	99,03	100,19
60	86,03	81,22	79,39	80,73	84,51	89,47	94,34	98,09	100



Оценка параметров аварийного режима на основе метода максимального правдоподобия

Параметры имитируемого сигнала напряжения.

Амплитуда дискретного сигнала напряжения	100
Частота основной гармоники	56
Амплитуда 2-й гармоники	10,66
Амплитуда 3-й гармоники	3,07
Амплитуда 4-й гармоники	1,57
Амплитуда 5-й гармоники	0,88

Результаты оценки амплитуды имитируемого сигнала напряжения..

	ДПФ $N=80$	ДПФ $N=8$	ММП $N=80$
Амплитуда	93,36	91,51	98,52
Погрешность	6,64 %	8,49 %	1,48 %



Реализация дискриминаторных методов оценки параметров аварийного режима

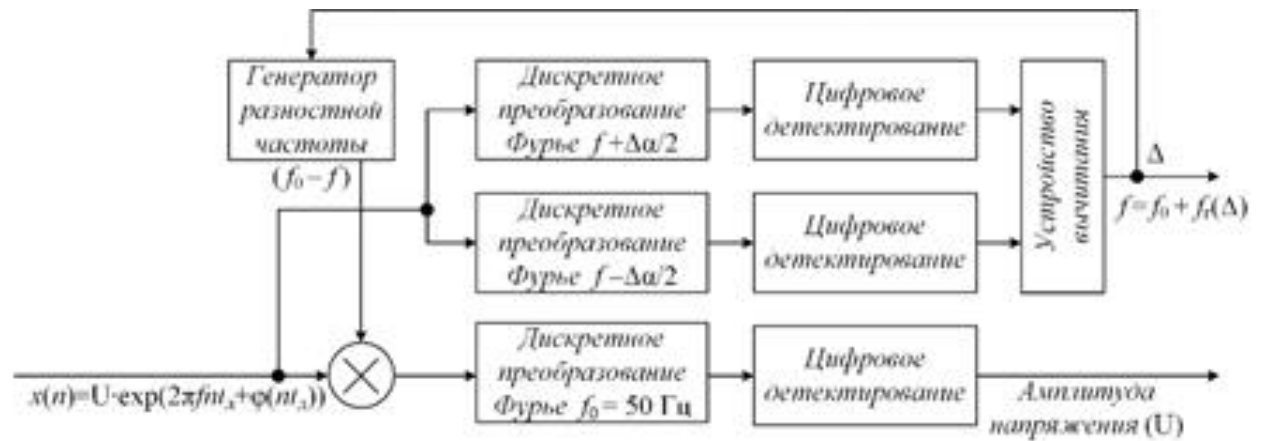


Рисунок 2 – Структурная схема дискриминаторного измерителя частоты и напряжения.

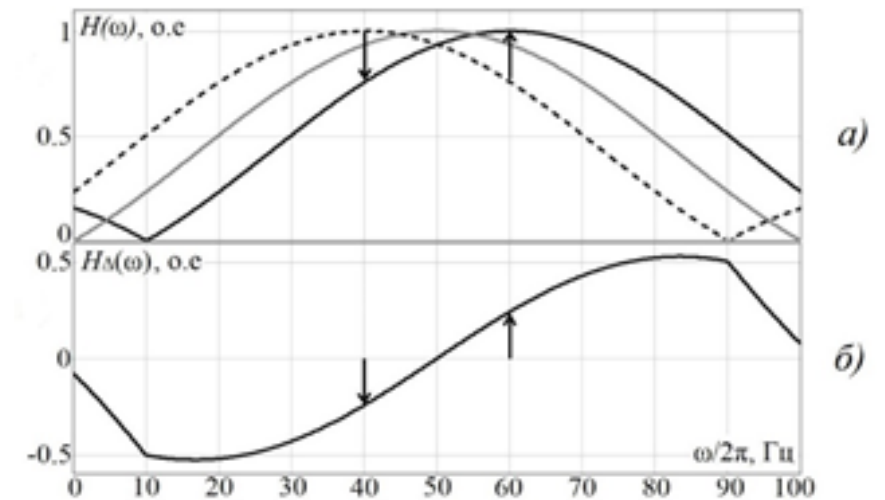


Рисунок 3 – Пояснения к принципу формирования дискриминаторной характеристики.



Реализация дискриминаторных методов оценки параметров аварийного режима

По результатам имитационного моделирования отмечено:

- дискриминаторные методы оценки параметров режима обладают высокими динамическими характеристиками. Так, в установившемся режиме для диапазона 40–60 Гц погрешность измерения частоты сигнала напряжения не превышает 0,1 Гц. При значительных изменениях частоты сигнала напряжения во времени погрешность ее оценки возрастает. Однако и в этом случае высокие динамические характеристики дискриминаторных методов сохраняются. Так, при скорости изменения частоты 2,5 Гц (5%) за период промышленной частоты погрешность не превысила 0,5 Гц;
- погрешность оценки амплитуды напряжения на выходах ДПФ фильтров не превышает 1%. При измерениях амплитуды напряжения целесообразно применение ДПФ фильтрации на частоте 50 Гц в качестве основного канала цифровой обработки сигналов, обладающим ошибками не более 0,5%;
- модельные эксперименты показали, что погрешность оценки параметров режима в целом снижается при увеличении частоты дискретизации.



Реализация алгоритма автоматики частотной разгрузки на основе процедуры последовательного анализа Вальда

Для каждого измеренного значения частоты принимается одна из трёх гипотез:

1. H_0 – частота энергорайона соответствует нормальному режиму;
2. H_1 – частота энергорайона соответствует аварийному режиму;
3. H_n – не удаётся однозначно определить принадлежность частоты к аварийному или нормальному режиму, измерения частоты продолжаются и проводится дополнительное распознавание на основе этих измерений.

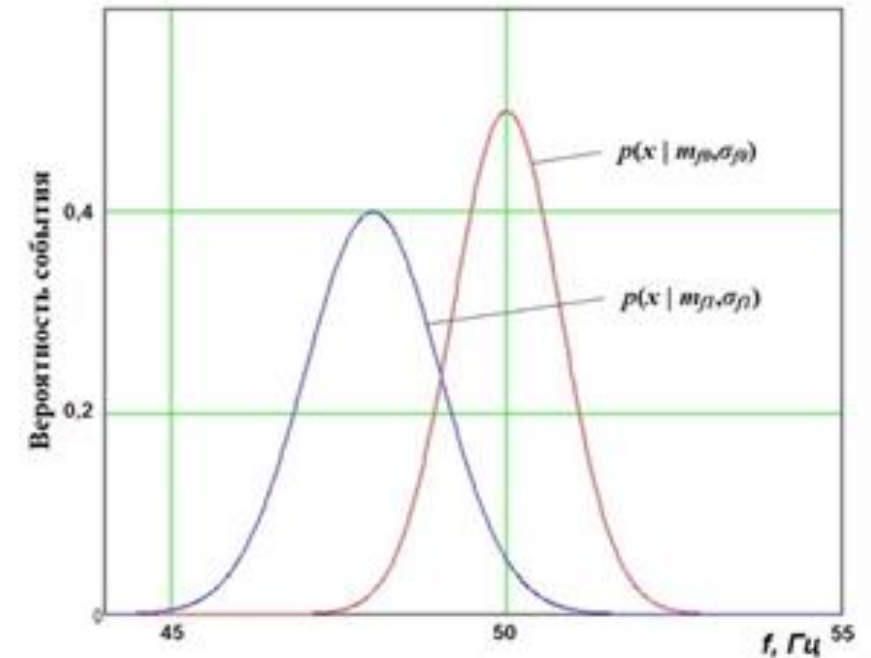


Рисунок 4 - Статистические распределения частоты для нормального и аварийного режимов.



Реализация алгоритма автоматики частотной разгрузки на основе процедуры последовательного анализа Вальда

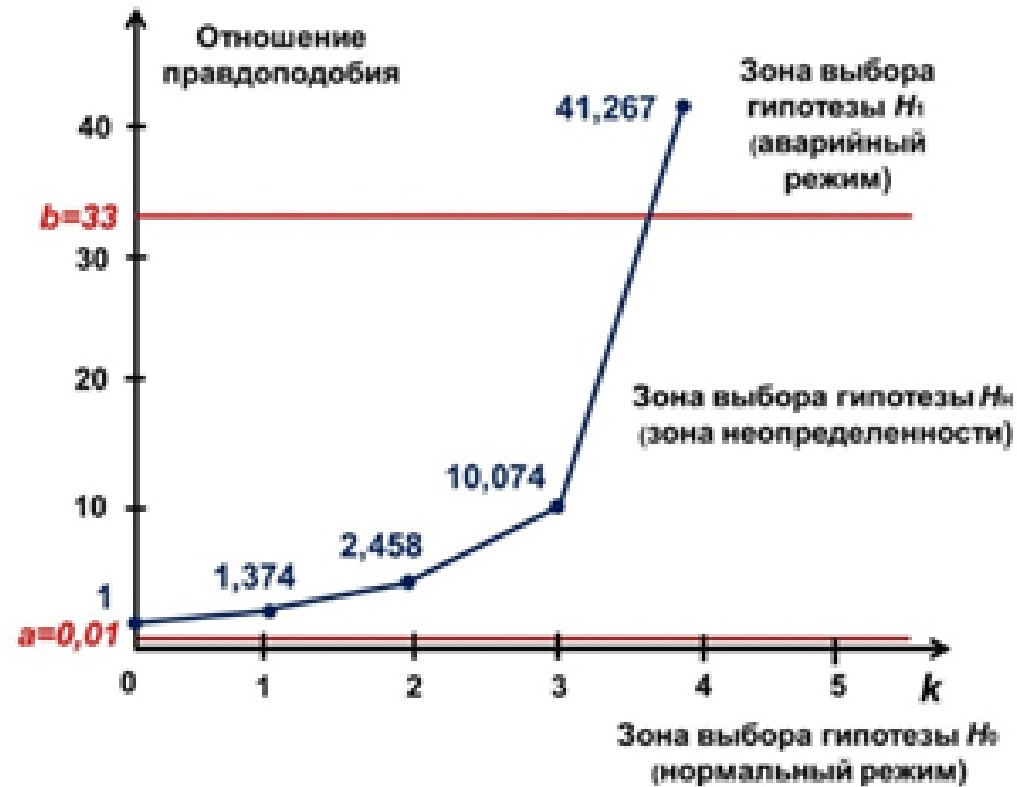


Рисунок 5 – График этапов процедуры последовательного принятия решения Вальда в устройстве АЧР.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Особенности электрических режимов в энергорайонах с объектами распределенной генерации проявляются в виде значительных отклонений режимных параметров (частота; напряжение; ток) при внешних возмущениях, включая набросы и сбросы нагрузки в островном (автономном) режиме работы по причинам, связанным с включением/отключением электроустановок потребителей. В таких резко переменных условиях при случайных отклонениях качества электроэнергии целесообразно переходить к статистическим методам оценки параметров токов и напряжений.
- Разработаны новые методы оценки параметров режима пусковыми органами релейной защиты и противоаварийной автоматики, обеспечивающие высокое быстродействие и надежность срабатывания в условиях быстрых переходных процессов с флуктуациями, на основе методов максимального правдоподобия и дискриминаторного при и обеспечении высокой точности результатов оценки.
- Предложен новый метод последовательного принятия решений логическим блоком автоматики частотной разгрузки, основанный на применении последовательного метода с процедурой Вальда, позволяющий повысить быстродействие и точность идентификации режимной области для оптимального выбора видов, объемов и мест реализации управляющих воздействий.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

А. Л. Куликов: inventor61@mail.ru

П.В. Илюшин: ilyushin.pv@mail.ru